

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURUMSAL KAYNAK PLANLAMASI SİSTEMLERİNİN
DEĞERLEMESİNDE REEL OPSİYON YAKLAŞIMI:
HASTANE BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMASI**

**DOKTORA TEZİ
Yük. Müh. Cumhur Okan ÖZOĞUL**

Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

ŞUBAT 2008

**KURUMSAL KAYNAK PLANLAMASI SİSTEMLERİNİN
DEĞERLEMESİNDE REEL OPSİYON YAKLAŞIMI:
HASTANE BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMASI**

DOKTORA TEZİ
Yük. Müh. Cumhur Okan ÖZOĞUL
(507002203)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Kasım 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Şubat 2008

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Ethem TOLGA

Eş Danışman: Prof.Dr. E. Ertuğrul KARSAK

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN

Prof. Dr. M. Nahit SERARSLAN

Doç. Dr. Murat ÇIRACI

Prof. Dr. Mehmet BOLAK (Galatasaray Ünv.)

Prof. Dr. Ziya ULUKAN (Galatasaray Ünv.)

ŞUBAT 2008

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın oluşturulmasında bana yol gösteren ve sonsuz destek veren tez danışmanlarım Prof. Dr. Ethem TOLGA ve Prof. Dr. E. Ertuğrul KARSAK'a teşekkür ederim. Ayrıca bana her türlü desteği veren aileme de teşekkürü borç bilirim.

Kasım 2007

Cumhur Okan ÖZOĞUL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xvi
1 GİRİŞ	1
2 FİNANSAL OPSİYONLAR	7
2.1 Opsiyon Türleri	9
2.2 Avrupa ve Amerikan Tipi Opsiyonlar	10
2.3 Opsiyonların Vade Sonundaki Getirileri	10
3 REEL OPSİYONLAR	15
3.1 Reel Opsiyon Türleri	24
3.3.1 Erteleme Opsiyonu	24
3.3.2 Kademeli Yatırım Opsiyonu	24
3.3.3 Mevcut Kapasiteyi Değiştirme Opsiyonu	26
3.3.4 Vazgeçme Opsiyonu	26
3.3.5 Kullanımı Değiştirme Opsiyonu	27
3.3.6 Büyüme Opsiyonu	27
3.2 Reel Opsiyonların Uygulamaları	27
4 OPSİYONLARI DEĞERLEME YÖNTEMLERİ	33
4.1 Analitik Çözüm Yöntemleri	34
4.1.1 Black ve Scholes Modeli	35
4.2 Analitik Yaklaşık Çözüm Yöntemleri	41
4.2.1 Geske ve Jonhson Modeli	42
4.2.2 Barone-Adesi ve Whaley Modeli	46
4.3 Nümerik Yöntemler	49
4.3.1 Binom Ağaçları Yöntemi	49
4.3.1.1 Temettü Dağıtan Hisse Senetleri için Binom Modeli	54
4.3.1.2 Trinom Ağaçları	55
4.3.2 Sonlu Farklar Yöntemi	56
4.3.2.1 Dolaylı Sonlu Farklar Yöntemi	58
4.3.2.2 Doğrudan Sonlu Farklar Yöntemi	60

4.3.3 Simülasyon Yöntemleri	62
5 KURUMSAL KAYNAK PLANLAMASI SİSTEMLERİ	67
5.1 Hastane Bilgi Sistemleri	81
6 HASTANE BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMASI	88
6.1 NŞD Yöntemiyle Projenin Değerlemesi	91
6.2 Reel Opsiyon Yöntemiyle Projenin Değerlemesi	99
6.2.1 Mevcut Reel Opsiyon Türlerinin Belirlenmesi	101
6.2.2 Değerleme İçin Uygun Çözüm Yönteminin Belirlenmesi	101
6.2.3 Reel Opsiyon Değerleme Modelinin Kurulması	103
6.2.4 Senaryo Analizleri	115
6.2.5 Sonuçların Yorumlanması	117
7 SONUÇLAR	133
KAYNAKLAR	139
EK A	151
EK B	154
EK C	163
EK D	177
ÖZGEÇMİŞ	182

KISALTMALAR

BT	: Bilişim Teknolojileri
GKKP	: Genişletilmiş Kurumsal Kaynak Planlama
GNŞD	: Genişletilmiş Net Şimdiki Değer
HBS	: Hastane Bilgi Sistemleri
İSPT	: İleri Seviye Planlama ve Takvimlendirme
İZÇ	: İş Zekası Çözümleri
KA	: Karar Ağacı
KKP	: Kurumsal Kaynak Planlama
MCS	: Monte Carlo Simülasyonu
MİP	: Malzeme İhtiyaç Planlama
MİY	: Müşteri İlişkileri Yönetimi
NŞD	: Net Şimdiki Değer
RAİS	: Resim Arşivleme ve İletişim Sistemi
RO	: Reel Opsiyonlar
SGO	: Satış Gücü Otomasyonu
ŞD	: Şimdiki Değer
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi
ÜKP	: Üretim Kaynakları Planlama

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Opsiyonların vade sonundaki getirileri 11
Tablo 3.1	Finansal opsiyonlar ile reel opsiyonların karşılaştırılması 21
Tablo 3.2	Temel yönetsel reel opsiyon türleri 25
Tablo 3.3	Uygulama alanı bazında gruplanmış reel opsiyon konulu çalışmalar 28
Tablo 5.1	KKP sistemi uygulamasının maliyet dağılımı 77
Tablo 5.2	Sektöre özel KKP çözümleri 79
Tablo 6.1	Hastane geneli iyileşmelerin kaynakları 93
Tablo 6.2	HBS projesi NŞD analizi sonuçları 99
Tablo 6.3	Temel değerlendirme senaryosu 116
Tablo 6.4	Duyarlılık analizi için parametrelerin olası değerleri 117
Tablo 6.5	σ ve (π_L / π_H) parametrelerinin π için oluşturulan değer ağacındaki kesişme dönemine etkileri 131
Tablo A.1	Yıllara göre tahmini hasta sayıları 152
Tablo A.2	Hasta başına karda beklenen iyileşmeler 153
Tablo A.3	Tek seferlik maliyetler tablosu 154
Tablo A.4	İlk yatırım maliyetinin yüzdesi olarak yıllık bakım maliyetleri 154
Tablo A.5	Yıllık bakım maliyetleri 154
Tablo B.1	Hasta sayısı matrisi 155
Tablo B.2	Hasta başına ortalama kardaki iyileşme matrisi 156
Tablo B.3	HBS projesi yıllık giderleri 157
Tablo B.4	HBS projesi için genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemler 158
Tablo B.5	HBS projesi için genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemler 159
Tablo B.6	HBS projesi için genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemler 160
Tablo B.7	HBS projesi için genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemler 161
Tablo B.8	HBS projesi için genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemler 162
Tablo B.9	HBS projesi için genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemler 163
Tablo C.1	T_D parametresinin HBS projesi GNŞD'ne etkisi 164
Tablo C.2	σ parametresinin HBS projesi GNŞD'ne etkisi 164
Tablo C.3	r_f parametresinin HBS projesi GNŞD'ne etkisi 164
Tablo C.4	δ parametresinin HBS projesi GNŞD'ne etkisi 164
Tablo C.5	T_D ve σ parametrelerinin HBS projesi GNŞD'ne etkisi 165
Tablo C.6	T_D ve r_f parametrelerinin HBS projesi GNŞD'ne etkisi 166

Tablo C.7	T_d ve δ parametrelerinin HBS projesi GNŞD’ne etkisi.....	167
Tablo C.8	σ ve r_f parametrelerinin HBS projesi GNŞD’ne etkisi	168
Tablo C.9	r_f ve δ parametrelerinin HBS projesi GNŞD’ne etkisi.....	169
Tablo C.10	σ ve δ parametrelerinin HBS projesi GNŞD’ne etkisi.....	170
Tablo C.11	r_f ve $Genişleme(\cdot)$ parametrelerinin HBS projesi GNŞD’ne etkisi .	171
Tablo C.12	σ ve $Genişleme(\cdot)$ parametrelerinin HBS projesi GNŞD’ne etkisi ..	172
Tablo C.13	σ ve (π_L / π_H) parametrelerinin HBS projesi GNŞD’ne etkisi.....	173

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Alım opsiyonunun alıcısına getirisi	12
Şekil 2.2 : Alım opsiyonunun satıcısına getirisi.....	12
Şekil 2.3 : Satım opsiyonunun alıcısına getirisi	13
Şekil 3.1 : Gerçek hayat uygulamalarında yatırımın yaşam döngüsü	17
Şekil 3.2 : NŞD yönteminin yatırımın sağlayacağını öngördüğü nakit akışı	18
Şekil 3.3 : Gerçek hayat uygulamalarında yatırımın sağlayacağı nakit akışı.....	19
Şekil 4.1 : Reel opsiyon değerlendirme yöntemi için yol haritası	33
Şekil 4.2 : Binom modele göre hisse senedi fiyatı hareketleri	50
Şekil 4.3 : Binom ağacı yaklaşımının işleyişi	51
Şekil 4.4 : Binom modelinde alım opsiyonu değerlemesi.....	52
Şekil 4.5 : Belli bir anda temettü ödemesi olan hisse senedi için binom ağacı.....	54
Şekil 4.6 : Trinom ağacı yaklaşımının işleyişi	55
Şekil 4.7 : Sonlu farklar yönteminin kullandığı ızgara yapısı.....	57
Şekil 4.8 : Dolaylı ve doğrudan sonlu farklar yöntemlerinin karşılaştırılması	61
Şekil 5.1 : KKP üzerinden firma-müşteri ve firma-tedarikçi ilişkisi	68
Şekil 5.2 : KKP sisteminin bütünleşik yapısı	69
Şekil 5.3 : KKP sistemlerinin kronolojik gelişimi	70
Şekil 5.4 : KKP sistemindeki istemci-sunucu mimarisi	71
Şekil 5.5 : İşlevsellik bakımından KKP sistemlerinin gelişimi.....	72
Şekil 5.6 : Firmaların KKP sistemine geçiş nedenleri	76
Şekil 5.7 : KKP sistemi uygulamasının getirileri	77
Şekil 5.8 : KKP Çekirdek Uygulamaları ve Eklentilerin Entegrasyonu	80
Şekil 5.9 : HBS sektörel çözümü ile KKP çekirdek bileşenleri entegrasyonu.....	80
Şekil 5.10 : Hastane Bilgi Sistemi'ndeki temel roller	83
Şekil 5.11 : Hastane Bilgi Sistemi'ndeki temel modül ve süreçler	85
Şekil 6.1 : HBS uygulamasının yapısı.....	90
Şekil 6.2 : HBS projesi uygulama takvimi	90
Şekil 6.3 : Yıllara göre hasta sayıları	92
Şekil 6.4 : HBS uygulaması süresince hasta başına karlılıktaki iyileşmeler.....	94
Şekil 6.5 : HBS projesinin nakit akışları	95
Şekil 6.6 : Tek seferlik maliyetlerin yüzdesel dağılımı.....	97
Şekil 6.7 : Yıllara göre bakım maliyetleri	97
Şekil 6.8 : Reel opsiyon analiz yöntemi uygulaması akış diyagramı.....	100
Şekil 6.9 : HBS projesinin yaşam döngüsü	101
Şekil 6.10 : HBS projesinde mevcut opsiyonların binom ağacı üzerinde gösterimi.....	103
Şekil 6.11 : Reel opsiyon değerlendirme modeli için nakit akışları	105
Şekil 6.12 : Reel opsiyon değerlendirme modeli için akış diyagramı	106
Şekil 6.13 : π değeri için binom ağacının n dönemlik işleyişi.....	107
Şekil 6.14 : π değeri için binom ağacının 12 dönemlik işleyişi.....	108
Şekil 6.15 : Alt ve üst sınır π değerlerinin binom ağacına etkisi.....	109

Şekil 6.16	: Projenin değeri için kurulan binom ağacı.....	111
Şekil 6.17	: Projenin değeri için kurulan uygulama ağaçlarının işleyişi.....	112
Şekil 6.18	: Projenin değeri için kurulan erteleme ağacının işleyişi.....	113
Şekil 6.19	: T_D parametresinin GNŞD'ye etkileri	118
Şekil 6.20	: σ parametresinin GNŞD'ye etkileri.....	119
Şekil 6.21	: r_f parametresinin GNŞD'ye etkileri	120
Şekil 6.22	: δ parametresinin GNŞD'ye etkileri	121
Şekil 6.23	: T_D ve σ parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye etkisi	123
Şekil 6.24	: T_D ve r_f parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye etkisi	124
Şekil 6.25	: T_D ve δ parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye etkisi.....	125
Şekil 6.26	: σ ve r_f parametrelerinin GNŞD(Erteleme)'ye etkisi.....	125
Şekil 6.27	: σ ve r_f parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye etkisi	126
Şekil 6.28	: r_f ve δ parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye etkisi.....	127
Şekil 6.29	: r_f ve $Genişleme(\cdot)$ parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye etkisi	129
Şekil 6.30	: σ ve $Genişleme(\cdot)$ parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye etkisi	130
Şekil 6.31	: σ ve (π_L / π_H) parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye etkisi	130
Şekil 6.32	: Erteleme ve genişleme esnekliklerine sahip HBS projesi için yol haritası	132
Şekil C.1	: π değeri için binom ağacının 48 dönemlik işleyişi.....	174
Şekil C.2	: Erteleme esnekliğine sahip HBS projesi için erteleme değer ağacı.....	175
Şekil C.3	: Erteleme esnekliğine sahip HBS projesi için yol haritası.....	176
Şekil C.4	: Erteleme ve genişleme esnekliklerine sahip HBS projesi için erteleme değer ağacı.....	177

SEMBOL LİSTESİ

$Genişleme(\cdot)$	: Genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemler
$Gelirler(\cdot)$	: Projenin gelirleri
$Giderler(\cdot)$	: Projenin giderleri
$Hasta(\cdot)$	: Hasta sayıları
$Imp(\cdot)$	: Hasta başına ortalama kardaki iyileşmeler
I_0	: Projenin tek seferlik maliyetlerinin toplamı
I_E	: Projenin kapsamını %x kadar genişletmenin ek yatırım maliyeti
N	: T yıldaki alt dönem sayısı
N_D	: T_D yıldaki alt dönem sayısı
r_f	: Risksiz getiri oranı
r_e	: Enflasyon oranı
T	: Yatırımı değerlendirme döneminin yıl olarak uzunluğu
T_D	: HBS Projesinin kaç yıl ertelenebileceği
δ	: Getiri kısıtlılığı oranı
π	: Hasta başına ortalama kar
π_L	: Hasta başına ortalama kar değişkeninin (π) alabileceği en düşük değer
π_H	: Hasta başına ortalama kar değişkeninin (π) alabileceği en yüksek değer
σ	: Hasta başına ortalama karlılığın standart sapması
x	: Projenin yüzde olarak genişleme oranı

KURUMSAL KAYNAK PLANLAMASI SİSTEMLERİNİN DEĞERLEMESİNDE REEL OPSİYON YAKLAŞIMI: HASTANE BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMASI

ÖZET

Günümüzde teknolojik gelişmelerin de etkisiyle giderek kızışan rekabet ortamında yatırım kararlarını etkin ve hızlı bir şekilde alabilmek oldukça önem kazanmıştır. Pazardaki süregelen değişikliklere bağlı olarak firmalar müşteri portföylerini koruyabilmek ve geliştirebilmek adına farklı yatırımların peşindedirler. Çoğunlukla bir firmanın önünde değerlendirilmesi gereken birden fazla yatırım alternatifi mevcuttur. Firmanın sahip olduğu kısıtlı kaynaklar nedeniyle bu yatırımlardan hangisinin firmaya en yüksek faydayı sağlayacağı, karar vericiler tarafından irdelenerek, en kısa zamanda karara bağlanmalıdır. Finans literatüründe bu amaçla geleneksel yatırım değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır.

Yatırımları değerlemede en yaygın olarak kullanılan geleneksel yatırım değerlendirme yöntemi Net Şimdiki Değer (NŞD) yöntemidir. Kısaca NŞD, proje alternatiflerinin nakit akışlarının şimdiki değerini hesaplamak ve en yüksek pozitif net şimdiki değere sahip olanını seçmek olarak tanımlanabilir. Bir yatırımın NŞD'sini hesaplamak için ilgili nakit akışlarının ve faiz oranlarının öngörülebilir olması gerekmektedir. Ancak gelecekte oluşması muhtemel nakit akışlarını ve karşılaşılabilecek faiz oranlarını öngörmek oldukça zordur. Bunlara ek olarak, NŞD yöntemi yöneticileri, belli bir tarihte, sadece o tarihe ait bilgileri kullanarak, projeyi gerçekleştirme ya da gerçekleştirilmeme kararıyla sınırlamaktadır.

NŞD yönteminin karar alma sürecinde stratejik unsurları ve yönetsel esnekliği gözardı etmesi araştırmacıları, bunları dikkate alan alternatif yatırım değerlendirme yöntemlerinden Karar Ağacı (KA) yöntemine yönlendirmiştir. KA yönteminde çözüm için karar noktalarına karşılık gelen olasılıklarının atanması gerekmektedir.

Günümüzde KA mühendislik çevrelerince yaygın olarak kabul görmüş bir yöntemdir. Ancak uygulamadaki en önemli yetersizliği riske karşı uygun iskonto oranının belirlenmesi esnasında kendini göstermektedir. Temelde uygulanabilir bir değerlendirme yöntemi olarak görünmesine karşın, bütün olası sonuçlar modele gömüldüğünde modelin analitik olarak çözümü oldukça zahmetlidir.

Yatırım uzmanları, yatırım modellerinde stratejik ve finansal konuların bütünleştirilerek incelenmesi gerekliliğini kabullenmektedir. Finansal opsiyon teorisindeki gelişmeler, gerçek hayatta karşılaşılan yatırım fırsatlarının da opsiyonlar kullanılarak değerlemesini olası kılmaktadır. Finans literatüründe Reel Opsiyonlar (RO) olarak adlandırılan ve temeli finansal opsiyon teorisine dayanan bu yatırım değerlendirme yöntemi, NŞD ve KA gibi geleneksel yatırım değerlendirme yöntemlerinin yukarıda belirtilen yetersizliklerine çözüm getiren bir alternatif değerlendirme yöntemidir.

Tanım itibarıyla opsiyonlar, bir işletmeye herhangi bir yükümlülüğe girmeden bir varlığı bugünden belirlenmiş bir fiyattan gelecekte alış ya da satış hakkı sunan bir finansal araçtır. Opsiyon sözleşmelerinin ilk kullanımı eski Yunan ve Roma devrine kadar uzanmaktadır. Opsiyon alıcısına bir hak sunar, ancak söz konusu hak herhangi bir yükümlülüğe yol açmamaktadır. Alıcının maksimum zararı opsiyonun maliyeti olmasına rağmen, opsiyonu yazanın potansiyel zararı sınırsızdır. Zira opsiyonu yazan (opsiyon satıcısı), alıcı işleme koyduğunda söz konusu değeri teslim almak ya da teslim etmek durumundadır.

Finansal opsiyon uygulamalarında söz konusu olan varlıklar; hisse senetleri, hazine bonoları, vadeli işlemler, döviz kurları ve değerli metaller gibi geniş bir yelpazeyi oluşturmaktadır. Reel opsiyon uygulamalarında ise genel olarak yatırım kararları ve sermaye bütçeleme işlemleri üzerinde çalışılmaktadır.

Reel Opsiyonlar (RO) gerçek hayatta karşılaşılan bir yatırım fırsatının taşıdığı belirsizliğin daha iyi modellenmesine imkan tanıyarak yatırımın gerçek değerini daha doğru analiz eder. RO yöntemi, yatırım ufku boyunca sadece yönetsel esnekliği fiyatlandırmaz, firmanın stratejik çerçevesini destekler ve genişletir. Yöneticilere, hissedarların beklentileri doğrultusunda firmanın orta ve uzun vadedeki stratejilerini optimize edebilmeleri adına bir yol haritası sunar. Buna ek olarak strateji odaklı

finansman ve organizasyonel altyapı arasındaki bağı oluşturur. Bir katalizör gibi davranarak bir kararın alınmasında etken olacak önemli noktaları gün ışığına çıkarır. Bununla beraber RO yöntemi, NŞD ve KA yöntemlerinin tamamen yerini alacak bir yatırım değerlendirme yöntemi olarak görülmemelidir. Yatırım ufkuna, yatırımın büyüklüğüne ve yatırımın doğasındaki belirsizlik seviyesine bağlı olarak karar verme aşamasında bu yöntemler, birbirlerini tamamlayıcı yaklaşımlar olarak dikkate alınmalıdır.

Reel opsiyonlar inceledikleri esneklik tiplerine göre erteleme opsiyonu, kademeli yatırım opsiyonu, mevcut kapasiteyi değiştirme opsiyonu, vazgeçme opsiyonu, kullanımı değiştirme opsiyonu ve büyüme opsiyonu olarak altı temel yönetsel opsiyon olarak sınıflandırılabilir. Bunların yanı sıra, gerçek bir yatırım senaryosunda, bir ya da birden çok reel opsiyon türünün eşzamanlı olarak bulunması oldukça sık rastlanılan bir durumdur.

Opsiyonları değerlemek için çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen yöntemler mevcuttur. Bunlar temel olarak, analitik çözüm yöntemleri, analitik yaklaşık çözüm yöntemleri ve nümerik çözüm yöntemleri olarak üç ana kategoride toplanabilir. Analitik çözüm yöntemleri opsiyonların değerlemesinde arbitrajın oluşumunu engelleyen birçok kısmî denge şartını temel alarak kesin sonuçlar ortaya koyan yöntemlerdir. Analitik çözüm yöntemlerinin uygulanamadığı durumlar için analitik yaklaşık çözüm yöntemleri türetilmiştir. Nümerik çözüm yöntemleri ise, gerek analitik çözüm yöntemlerinin gerekse de analitik yaklaşık çözüm yöntemlerinin uygun olmadığı durumlarda kullanılabilir.

Reel opsiyonların ilk uygulamaları doğal kaynakların çıkarılması ve işletilmesi yatırımları üzerinedir. Bununla beraber, reel opsiyonların uygulama alanları hızla artmaktadır. Yeni bir pazara girilmesi, bir yatırımın başlangıç ölçeğinin belirlenmesi ve ölçeğin ihtiyaca bağlı olarak gelecekte genişletilmesi ya da daraltılması, çok aşamalı karmaşık projelerin yönetilmesi, bir yatırımın geçici olarak dondurulması ya da tamamen durdurulması gibi sektörden bağımsız olarak birçok vakada kullanılmaktadır. Sürekli bir gelişim kaydetmesi nedeniyle oldukça dinamik pazar koşullarıyla şekillenen bilişim teknolojileri (BT) yatırımları da reel opsiyonlar için potansiyel uygulama alanlarıdır.

Bilişim teknolojileri uygulamalarından özellikle Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) sistemleri yatırımları, firmalara kısa vadede önemli maliyetler yüklemekle beraber firma ile beraber yaşayan, orta ve uzun vadeli stratejilerini etkileyen ve yön verebilen canlı uygulamalardır. KKP sistemlerinin sağlık sektörünün ihtiyaçlarına göre donatılmış ve genişletilmiş hali olan Hastane Bilgi Sistemleri (HBS) de bir sağlık kurumunun sorunsuz, kaliteli ve hızlı hizmet sunabilmesi için gerekli altyapıyı sağlamakla beraber bu kurumlara orta ve uzun vadede finansal anlamda da birçok katkı sağlamaktadır.

Bu faydalarına karşın, tıpkı KKP yatırımları gibi HBS yatırımları da maliyetleri oldukça yüksek olan yatırımlardır. Ayrıca, bünyelerinde barındırdıkları çeşitli yönetsel ve stratejik esnekliklerden ötürü değerlemesi oldukça karmaşık olan yatırımlardır. Dolayısıyla, bu türdeki yatırımların doğasında mevcut olan esneklikleri dikkate alabilecek bir değerlendirme yönteminin kullanılması gerekmektedir. Bu bağlamda, sunulan çalışmada gerçek bir HBS yatırımının değerlemesi reel opsiyon yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye'deki bir sağlık kurumunun yakın gelecekte ele alacağı HBS yatırım projesinin değerlemesi üzerine odaklanılmıştır. Bu anlamda geleneksel değerlendirme yöntemlerinin kullanımına ek olarak yatırımın bünyesinde barındırdığı stratejik ve yönetsel esnekliklerin de toplam değerlendirme sürecine katılabilmesi adına reel opsiyon yaklaşımı kullanılmıştır.

Sunulan gerçek hayat vaka çalışmasında ABC Hastanesinin yakın gelecekte ele alacağı HBS projesi yatırımı incelenmiştir. Bu odak noktası ışığında ABC Hastanesi vaka çalışmasına yönelik oluşturulan reel opsiyon değerlendirme platformu aynı zamanda diğer BT yatırımlarının değerlemesinde genel anlamda kullanılabilecek bir bakış açısı içermektedir. Bu amaçla proje öncelikli olarak geleneksel NŞD yöntemiyle incelenmiş ve sahip olduğu NŞD'in negatif olduğu ortaya konulmuştur. Önerilen değerlendirme yaklaşımının ikinci adımında projenin bünyesinde barındırdığı esneklikler ortaya konulmuş ve bu esneklikleri modellemede kullanılacak reel opsiyon türleri belirlenmiştir. Bu eşleme sonucunda HBS projesinin birçok BT yatırımının da bünyesinde barındırdığı yatırımı erteleme ve ideal piyasa şartları oluşursa projenin ölçeğini genişletme esnekliklerini barındırdığı ortaya konulmuştur. Reel opsiyon değerlendirme modelinin çözümü için gerek birleşik opsiyon değerlerinin

hesaplanması gerekse de Amerikan tipi opsiyonları değerlemesinde sağladıkları esneklik ve avantajlardan ötürü binom ağaçları seçilmiştir. Uygulamanın son adımında gerek olası piyasa koşullarında proje getirisinin nasıl etkileneceğinin hesaplanması gerekse de yatırımın bünyesinde mevcut opsiyonlar arası etkileşimlerin irdelenmesi için model değişken ve parametreleri cinsinden çeşitli senaryolar üretilmiş ve sonuçlar oluşturulan tablo ve grafikler ışığında yorumlanmıştır. Böylelikle yöneticilere HBS projesi bağlamında ABC Hastanesinin orta ve uzun vadedeki stratejilerini optimize edebilmeleri adına bir yol haritası sunulmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışmada geleneksel değerlendirme yöntemlerince kabul edilir görülmeyen bir yatırımın, bünyesinde barındırdığı stratejik ve yönetsel esneklik unsurlarıyla beraber gelecekte oluşması muhtemel koşulların etkisiyle, firma ve hissedarları için anlamlı bir hal alabileceği ortaya konulmuştur. Dolayısıyla reel opsiyon yaklaşımının genel anlamda BT yatırım projelerinin değerlemesine yeni açılımlar kattığı vurgulanmıştır.

A REAL OPTIONS APPROACH FOR VALUATION OF ENTERPRISE RESOURCE PLANNING SYSTEMS: IMPLEMENTATION OF HOSPITAL INFORMATION SYSTEM

SUMMARY

Nowadays it is very important to take efficient and prompt investment decisions in the competition arena which is becoming more challenging also due to the improvements in the technology. Considering the continuous changes in the market, firms are looking forward to different investments in order to protect and improve their customer portfolio. In most cases, firms have more than one investment alternative to evaluate. Because of the scarce resources that a firm has, the decision-makers should investigate and timely conclude which one of these investments can provide the highest benefit to the firm. For this purpose, traditional investment valuation methods are used in finance literature.

Net Present Value (NPV) method is the most commonly used traditional investment valuation tool. Briefly NPV can be defined as a method in which after calculating the present values of project alternatives cash flows, selecting the one with the highest positive net present value. In order to calculate an investment's NPV, all relevant cash flows and interest rates must be known beforehand with certainty. However, it is very difficult to estimate the possible cash flows and interest rates that might occur in the future. In addition, NPV is constrained to pre-committing today to a "go" or "no-go" decision. It uses information only available today.

NPV method does not take strategic issues and managerial flexibility into account in decision making process, which in return drives the researchers to another alternative investment valuation method namely Decision Tree (DT), that considers above-mentioned issues. In the DT method, respective probabilities should be assigned to decision nodes for reaching a solution. Today, DT is a widely-accepted method

among engineers. However, the most important incapability of this method in practice is faced in assigning the proper discount rate. Basically, DT is regarded as a practical valuation method but solving the model is analytically cumbersome if all the possible outcomes are embedded inside the model.

Investment science experts agreed that it is a must to integrate financial and strategic issues and studying them together in investment models. The improvements in finance theory allow real investment opportunities to be evaluated with options. Real Options (RO), whose methodology is based upon financial options theory, is an alternative investment valuation method that provides a solution to the above mentioned shortcoming of traditional investment valuation methods like NPV and DT.

An option can be defined as a financial instrument which gives the right but not the obligation to buy or sell an underlying asset, whose price determined today, in the future. First option contracts dates back to ancient Greece and Roman epoch. Option gives its holder a right, but this right does not pose any obligations. The maximum loss of the option owner is the option cost, but the potential loss of the option writer has no limits. When option holder decides to exercise the option, option writer should hand over or take the delivery of the value in question.

In financial option applications, the underlying assets might be in a wide range of instruments like stocks, bonds, future contracts, foreign exchange rates, and precious metals. For real option applications, efforts are mainly spent on investment decisions and capital budgeting.

Real Options (RO) enable the decisions-makers to analyze the true value of a real life investment opportunity through better modeling of the uncertainty inherent in the investment. RO method does not only value the managerial flexibility through the investment horizon, it also supports and expands the firm's strategic frame. It gives a road map to the managers to optimize the medium and long-term strategies according to the expectations of the shareholders. In addition, it acts as a binder between strategies based on finance and organizational infrastructure. Acting as a catalyst reveals the vital points that would affect the decision. However, RO method should not be seen as an investment valuation method that would totally replace NPV and

DT methods. Due to the characteristics of the investment such as investment horizon, total extent of the investment and uncertainty within the investment, these methods should be considered as complementary to each other.

Real options can be categorized to six main managerial options according to the flexibility they have: option to defer, option to stage, option to expand/contract, option to abandon, option to switch, and growth option. In addition to these, in a real-life investment scenario it is usually viable to have more than one real option concurrently.

There are several methods developed by numerous researchers for valuing options. These methods can be categorized into three main groups: analytical solutions, analytical approximations and numerical procedures. Analytical solutions provide a certain solution for option valuation considering some partial equilibrium constraints to prevent arbitrage opportunities. Analytical approximations are derived for cases where analytical solutions are not applicable. Numerical procedures are useful when analytical solutions or analytical approximations are not applicable.

The first applications of real options are about mining and operating natural resource investments. Besides, the new application areas for real options are growing rapidly. Regardless of an industry, it can be used in many cases like entering a new market, deciding the initial scale of an investment, scaling up or down in the future according to the needs, managing multi-staged complex projects, and freezing up or completely ending an investment. Developing with dynamic market conditions due to the continuous improvements, information technology (IT) investments are also an appropriate application area for real options.

Within information technologies investments, in particular, Enterprise Resource Planning (ERP) system investments are applications living with the firm that are affecting and directing medium and long-term strategies, causing firm to face with severe costs in the short-term. Hospital Information System (HIS) is the customized and upgraded version ERP system, designed according to the requirements of the healthcare sector. It also supports a healthcare organization with an infrastructure that enables rapid and quality service without problems and in medium to long-term contributes to firm's welfare in financial aspects.

Along these benefits, HIS investments require heavy costs just like ERP investments. Besides, due to the inherent managerial and strategic flexibility, it is also complicated to value these investments. Thus, it is crucial to use a valuation method that can consider the inherent flexibilities within the investment. In this sense, in this study, a real-life HIS investment is valued utilizing real options approach.

In this study, we have focused on a Turkish health care organization's HIS investment project that is going to take place in the near future. In this aspect, in addition to making use of traditional valuation methods, real options approach is utilized in order to capture the inherent strategic and managerial flexibilities of the investment to total valuation process.

In the presented real life case, HIS investment project that ABC Hospital is planning to evaluate in the near future is studied. With this focal point in mind, a real options valuation platform is developed for ABC Hospital which also inherits a general common sense that allows this platform to be utilized in valuing other IT investments as well. For this purpose, first of all, the project is evaluated with the traditional NPV method and resulted in a negative NPV. In the second phase of the proposed model, the flexibilities within the project are acknowledged and the real options types to model these flexibilities have been decided. After this matching process, it is seen that HIS project has similar flexibilities that most of the IT investments also have inside, like deferring the investment and expanding the investment if ideal market conditions are met.

For solving the real options valuation model, binomial trees are utilized due to some advantages and flexibilities they suggest in valuing American-type options and also for calculating compound option values. In the last phase, for both calculating how the possible changes in the market condition may affect the project's cash flows and studying the interactions between the options inherent in the project, various scenarios are generated considering model variables and parameters and the results are interpreted with tables and graphs. Thus, a road map is provided to ABC Hospital's management for optimizing their medium and long-term strategies considering the HIS project.

Finally, in this study it is shown that even an investment that is not approved to be undertaken with traditional valuation methods, can be valuable for a firm and its shareholders considering the strategic and managerial flexibilities inherent in the investment, with the effect of the possible market conditions in the future. Thus, it is also emphasized that real options approach generally presents a new point of view for valuing IT investment projects.

1 GİRİŞ

Ekonomi literatüründe yatırım kelimesi, gelecekte elde edilecek kazanç beklentisi doğrultusunda şimdiden bir maliyetin üstlenilmesi olarak tanımlanmaktadır. Tesis inşa eden ve makine satınalan firmalar, satış amacıyla ürün depolayan tüccarlar ve hatta kişisel gelişimini ilerletmek için eğitime vakit harcayan kişiler bu anlamda yatırımcı olarak tanımlanabilir. Bunlara ek olarak zarar eden bir tesisin kapatılması da gelecekte neden olacağı kayıpların en aza indirilmesi anlamında yatırım olarak nitelendirilebilir. Kontrata bağlanmış anlaşmaların iptal edilebilmesi için karşılanacak tazminatlar böyle bir durumda maliyetleri oluştururken; gelecekte oluşacak kayıpların önüne geçilmesi bu maliyetlerin karşısında sağlanan getiri ya da kazanç olacaktır.

Birçok yatırım kararının, yatırımın doğasına göre farklı derecelerde önem taşıyan üç temel özelliği mevcuttur:

- Yatırımın kısmen ya da tamamen geri dönülemez bir yapıda olması
- Yatırımın gelecekte sağlayacağı getiri üzerindeki belirsizlik
- Yatırımın yapılması gereken ideal zamanlama

Yatırımın kısmen ya da tamamen geri dönülmez bir yapıda olması yatırımı gerçekleştirmek amacıyla üstlenilen maliyetlerin kısmen batık maliyet, diğer bir deyişle yatırımdan vazgeçilmesi durumunda tamamen geri elde edilemeyecek türden bir maliyet olmasıdır. Yatırımların getirileri çoğunlukla belirsizlik taşımaktadır. Bu nedenle firmalar sadece alternatif geri dönüş olasılıklarını değerlendirerek stratejilerini oluşturabilirler. Diğer bir taraftan firmalar yatırımlarını erteleterek gelecekte oluşacak pazar koşulları hakkında bilgi toplamayı tercih edebilirler. Fakat yatırımın ideal zamanlamasının kesin bir şekilde saptanması mümkün değildir. Bu üç temel özelliğin birbirleriyle olan etkileşimleri firmaların çıkarları doğrultusunda optimum kararları alabilmeleri açısından önem taşımaktadır.

Günümüzün yüksek teknoloji ve uluslararası rekabet ortamında doğru, hızlı ve etkin yatırım kararları alabilmek oldukça önem kazanmıştır. Yatırım gereksinimleri genellikle dinamik pazar ihtiyaçlarına adapte olmaya çalışan firma ve kurumların isteklerinden doğmaktadır. Pazardaki süregelen değişikliklere bağlı olarak firmalar müşteri portföylerini koruyabilmek ve geliştirebilmek adına, rakiplerine göre kendilerinin müşterilerinin gözünde daha özel bir yere konuşlanmalarına imkan tanıyacak farklı yatırımların peşindedirler. Çoğunlukla da bir firmanın önünde değerlendirilmesi gereken birden fazla yatırım alternatifi mevcuttur. Firmanın sahip olduğu kısıtlı kaynaklar nedeniyle bu yatırımlardan hangisinin kısa, orta ya da uzun vadedeki firma stratejisiyle en uygun şekilde örtüşerek, firmaya en yüksek faydayı sağlayacağı, karar vericiler tarafından irdelenmek durumundadır. Bu bağlamda bir gereksinimi karşılamak amacıyla ortaya konulan bir yatırım, gerek teknolojik gerekse de ekonomik testlerden geçebilmeli ve neticesinde uygulanabilir olduğu kanıtlanmalıdır. Finans literatüründe bu amaçla geleneksel yatırım değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır.

Yatırımları değerlemede en yaygın olarak kullanılan geleneksel yatırım değerlendirme yöntemi Net Şimdiki Değer (NŞD) yöntemidir. Bu yöntemde yatırımın gelecekte sağlayacağı beklenen gelirlerin şimdiki değeri ile yatırımı gerçekleştirmek için üstlenilecek maliyetlerin şimdiki değeri arasındaki fark hesaplanır. Oluşan fark sıfırdan büyükse yatırımı uygulama kararı alınır. NŞD'in hesaplanması esnasında kullanılacak nakit akışlarının nasıl belirlenebileceği, enflasyonun ne şekilde hesaplamaya dahil edileceği ve şimdiki değer hesaplanmasında kullanılacak iskonto oranlarının ne olması gerektiği finans literatüründe halen bir netlik kazanmamış konular arasındadır.

Geleneksel yatırım değerlendirme yöntemleri; yatırımın geri dönülmezliği, yatırımın taşıdığı belirsizlik ve yatırımın zamanlaması ölçütlerinin birbirleri üzerinde yarattıkları kalitatif ve kantitatif etkilerin önemini dikkate almamaktadır. Bu gerçek, geleneksel yöntemlerin belirli bir noktaya kadar gerçek hayat uygulamalarına cevap verebileceklerini göstermektedir. Örneğin geleneksel yöntemlerin tahminlerine aykırı olarak; gerçek hayat yatırımlarının faiz oranlarındaki ve vergi politikalarındaki değişikliklere daha az duyarlı oldukları, bunun yanında ekonomik çevredeki belirsizliğe ve dalgalanmalara daha fazla duyarlı oldukları görülmektedir.

Gerçek hayat uygulamaları için, bir yatırımın taşıdığı geri dönülmezlik ve yatırımı erteleme olasılığı önemli etkenlerdir. NŞD yöntemi çoğu yatırımın geri dönülebilir türden olduğunu varsayar. Halbuki bir yatırımın geri dönülemez tipte olması; yatırımın şimdi uygulanması gerektiği, aksi takdirde hiçbir zaman uygulanamayacağı varsayımını beraberinde getirmektedir. Bu varsayım bazı yatırımlar için kısmen doğru olsa da, gerçek hayatta rastlanan senaryolar incelendiğinde bu yöntemin ihtiyaçları tam olarak karşılayamayacağı ortaya konulmuştur. 1990'lı yıllardan başlayarak finans literatüründeki çalışmalar giderek artan bir şekilde geri dönülmez tipteki yatırımları erteleme imkanının yatırım kararını önemli bir şekilde etkilediğinin altını çizmektedir (Brach, 2003). Kabul gören bu genel kanı neticesinde; NŞD yöntemi ile birlikte diğer geleneksel yatırım değerlendirme yöntemlerinin yetersizlikleri de kabul edilmiştir. NŞD yöntemindeki bütün bu yetersizliklerin yatırım kararları üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldıracak, yatırımlardaki geri dönülmezliği, belirsizliği ve paranın zaman değerini göz önüne alacak yeni bir yatırım karar analizi yöntemine gereksinim duyulmuştur.

NŞD yöntemine alternatif analiz yöntemi olarak düşünülen karar ağacı analizi, karar noktaları ve ilgili olasılıkları bir şema üzerinde tanımlamayı gerektirmektedir. Temelde uygun bir çözüm olarak görünmesine karşın, yalnızca birkaç alternatif senaryo için bile içinden çıkılması oldukça karmaşık bir hal alabilmekte ve yaygın kabul görmemektedir.

Yatırım uzmanları, yatırım modellerinde stratejik ve finansal konuların bütünleştirilerek incelenmesi gerekliliğini kabullenmektedir. Finansal opsiyon teorisindeki gelişmeler, gerçek hayatta karşılaşılan yatırım fırsatlarının da opsiyonlar kullanılarak değerlendirilmesini olası kılmaktadır. Finans literatüründe reel opsiyonlar olarak adlandırılan ve temeli finansal opsiyon teorisine dayanan bu yatırım değerlendirme yöntemi, geleneksel yatırım değerlendirme yöntemlerinin kısıtlayıcı etkilerini ortadan kaldırmakta ve kalitatif değerlemenin karar verme sürecini iyileştirmektedir.

En basit anlamda yatırımını erteleme imkanı taşıyan bir firma bir opsiyona sahiptir. Bu opsiyon finansal alım opsiyonu (call option) satın alma ile benzerlik göstermektedir, firmaya belirli bir süre için bir finansal varlığı satın alma hakkını tanır. Bu hak bir yükümlülük ifade etmez. Firma geri dönülmez yatırımı gerçekleştirdiği zaman opsiyonunu kullanmış olur. Bekleyerek elde edilecek,

yatırımın zamanlamasını ve çekiciliğini etkileyebilecek yeni bilgiyi göz ardı ederek yatırım kararını almış olur. Eğer piyasa koşulları beklenildiği gibi oluşmazsa üstlendiği maliyetleri geri kazanamaz. Bu durumda kaybedilen opsiyon değeri bir fırsat maliyeti oluşturmaktadır ve yatırımın maliyetine eklenmelidir.

Yapılan yakın tarihli çalışmalar bir yatırımın fırsat maliyetinin önemli meblağlar teşkil edebileceğini göz önüne sermektedir. Buna ek olarak fırsat maliyeti, bir yatırımın gelecekteki nakit akışlarındaki belirsizliğe oldukça büyük bir oranda duyarlılık göstermektedir. Gelecekteki nakit akışlarının algılanan riskini etkileyen değişen ekonomik koşulların yatırım harcamalarına olan etkisi, faiz oranlarındaki değişiklikten büyük olabilir. Bu durum, geleneksel yatırım değerlendirme yöntemlerinin neden bir yatırımın davranışını doğru bir şekilde ifade etmek için kullanılamayacağı kanısını doğrulamaktadır.

Firmalar yatırım fırsatlarını, diğer bir deyişle, yatırım yapma opsiyonlarını sahip oldukları doğal kaynaklar, gayrimenkuller ve patentler üzerinden kurgularlar. Daha genel olarak bir firmanın yönetsel kaynakları, teknolojik bilgi birikimi, ticari itibarı, pazardaki konumu, ölçeği ve gerçekleştirdiği başarılı projeler, yatırım yapma opsiyonlarına temel teşkil ederler. Yatırım yapma opsiyonları oldukça değerlidir. Birçok firmanın piyasa değerinin önemli bir kısmı, halihazırda sahip oldukları sermayelerinin büyüklüğüne nazaran, sahip oldukları gerçekleştirilebilir yatırım yapma ve büyüme opsiyonlarına bağlıdır.

Reel opsiyonların uygulama alanları hızla artmaktadır. Yeni bir pazara girilmesi, bir yatırımın başlangıç ölçeğinin belirlenmesi ve ölçeğin ihtiyaca bağlı olarak gelecekte genişletilmesi ya da daraltılması, çok aşamalı karmaşık projelerin yönetilmesi, bir yatırımın geçici olarak dondurulması ya da tamamen durdurulması gibi sektör bağımsız olarak birçok vakada kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak gerçek bir yatırım senaryosunda, birden çok reel opsiyon türünün (erteleme, kademeli yatırım, mevcut kapasiteyi değiştirme, vazgeçme, kullanımı değiştirme, büyüme) eşzamanlı olarak bulunması oldukça sık rastlanılan bir durumdur.

Reel opsiyonların ilk uygulamaları doğal kaynakların çıkarılması ve işletilmesi yatırımları üzerinedir. Bu yatırım alanları dışında özellikle bilişim teknolojileri (BT) yatırımları, reel opsiyonlar için potansiyel uygulama alanlarıdır. Teknoloji ve

teknolojinin getirdiği yeniliklerin pazara yansımadaki çabukluk ve bünyelerinde barındırdıkları belirsizlikler neticesinde bilişim teknolojileri yatırımları reel opsiyonlarla modellenmeye uygundur. Bu tür yatırımlara örnek olarak; yüksek teknoloji ürünlerinin geliştirilmesi, bilişim sektöründe yazılım ve donanımın iyileştirilmesi ve güncellenmesi, mevcut donanım ve yazılım altyapısının değiştirilmesi veya sürümünün yükseltilmesi gösterilebilir.

Bilişim teknolojileri uygulamalarını içeren yatırımlar, özellikle Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) sistemleri yatırımları, firma ile beraber yaşayan, orta ve uzun vadeli stratejilerini etkileyen ve yön verebilen canlı uygulamalardır. Genel olarak firmalara kısa vadede önemli maliyetler yüklemekle beraber sermaye ortaklarının performans ölçütlerine cevap verecek şekilde getiri sağlaması, operasyonel ve yönetsel maliyetleri daha düşük seviyelere çekmesi orta ve uzun vadede gerçekleşecektir. Dolayısıyla bir firma için KKP yatırımının ideal zamanlaması, ölçeği ve geleceğe yönelik sunacağı teknolojik açılımlar, yöneticilerin önündeki önemli seçim ölçütleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada yatırımların bünyelerinde barındırdığı diğer saklı potansiyellerin opsiyonlarla ne şekilde ifade edilebileceği ve değerleme esnasında yatırımın gerçek değerinin nasıl hesap edilmesi gerektiği hakkında bir yaklaşımda bulunulmuştur. Asıl olarak finansal opsiyonları değerlemek için kullanılan farklı yaklaşımların, reel opsiyonların değerlemesinde nasıl kullanılabileceği irdelenmiştir. Bu anlamda çok boyutlu binom ağaçları ve dinamik programlama tekniklerinin beraber kullanımına dayanan nümerik bir çözüm yöntemi önerilmiş ve gerçek verilere dayanan bir vaka çalışması dahilinde bir KKP yatırımı ile örneklendirilmiştir. Bu örnek bağlamında KKP yatırımının zamanlaması, ölçeği ve geleceğe yönelik sunacağı teknolojik açılımlar üzerindeki belirsizlik, erteleme ve büyüme opsiyonlarıyla ifade edilerek yatırımı değerleme sürecine katılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde reel opsiyon yönteminin gelişimine temel oluşturan klasik finansal opsiyon teorisi incelenmiştir. Bu amaçla mevcut finansal opsiyon tipleri ve türleri irdelenmiştir.

Üçüncü bölümde, çalışmaya esas teşkil eden reel opsiyon değerleme yönteminin temel tanımları verilmiş ve finansal opsiyonlarla detaylı bir karşılaştırması

yapılmıştır. Ayrıca literatürde mevcut reel opsiyon türleri ve kullanım alanlarıyla ilgili kapsamlı bir araştırma sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, reel opsiyonların değerlemesinde kullanılan farklı değerlendirme yöntemleri incelenmiştir. Bu yöntemlerin birbirlerine göre sundukları avantaj ve dezavantajlar karşılaştırılmış ve böylelikle uygun değerlendirme yönteminin seçimi konusu açıklığa kavuşturulmaya çalışılmıştır.

Beşinci bölümde, çalışmanın uygulama bölümünde konu edilen Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) sistemleri ve bu sistemlerin sağlık sektörüne özel çözümü olan Hastane Bilgi Sistemleri (HBS) incelenmiştir. Bu bağlamda KKP sistemlerinin günümüze kadar olan gelişimi, bu sistemlerin temel modülleri, işletmelere olan temel faydaları irdelenmiştir.

Altıncı bölümde, bir HBS uygulaması yatırımının bünyesinde yer alan stratejik unsurların değerlemesini konu alan gerçek bir vaka çalışması yapılmıştır. Bu bağlamda ilgili reel opsiyon değerlendirme modeli kurulmuş, modele ait değişken ve parametreler şekillendirilmiş ve model çözülmüştür. Sonuçlar üzerinde duyarlılık analizleri yapılarak karar vericiye kapsamlı bir yol haritası sunulmuştur.

Yedinci bölümde, uygulamadan elde edilen sonuçlar ışığında reel opsiyon yaklaşımının KKP sistemlerinin değerlemesinde sunduğu avantajlar irdelenmiştir.

2 FİNANSAL OPSİYONLAR

Opsiyon, bir finansal varlığın (finansal ürün, sermaye piyasası aracı veya ekonomik gösterge) gelecekte belirlenen bir tarihte veya belirli bir zaman süresi içinde, prim karşılığında, önceden belirlenmiş bir fiyattan satma veya satın alma hakkını veren bir sözleşmedir. Opsiyon sözleşmesi ile taraflardan birine sözleşmedeki haklarını kullanmak ya da bu haklarından vazgeçmek seçeneği tanınırken; diğer tarafa, hak sahibinin sözleşmedeki haklarını kullanmayı seçmesi durumunda, sözleşmenin gereklerini yerine getirme sorumluluğu yüklenmektedir. Başka bir deyişle, opsiyon sözleşmeleri, taraflardan birine seçim hakkı sağlarken, karşı tarafa yükümlülük getirmektedir. Bu tür bir sözleşme ile hak sahibi olan taraf, bir prim ödeyerek seçme hakkını elde etmekte, karşı taraf ise prim karşılığında risk altına girmektedir (Bodie ve diğ., 2005).

Opsiyon sözleşmelerinin ilk kullanımı eski Yunan ve Roma dönemine kadar uzanmakta, tarihsel gelişimde 17. yüzyılda Hollanda'daki lale soğanları üzerine yazılan opsiyonlar oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Gibson, 1991). Ardından 18. yüzyılda İngilterede hisse senetleri üzerine yazılan opsiyonlar işlem görmeye başlamıştır. Ancak bu dönemlerde piyasayı denetleyen organize bir kurumum eksikliği, işlem gören opsiyonların bir standardının olmaması ve takas sırasında tarafların yükümlülüklerini yerine getirmemeleri nedeniyle opsiyon piyasası zarar görmüş ve söz konusu işlemler bir süre gündemden uzak kalmıştır.

Avrupa'da başarısızlığa uğrayan uygulama daha sonraki yıllarda Amerika'da kullanılmaya başlanmıştır. Ancak modern anlamda opsiyon sözleşmeleri ilk olarak 19. yüzyılda tezgah üstü piyasalarda hisse senetleri üzerine alım ve satım hakkı sağlamak üzere düzenlenmesine rağmen 20. yüzyıla kadar opsiyon işlemleri ile ilgili fazla bilgi kaydedilmemiştir.

1973 yılına kadar bu şekilde tezgah üstü piyasalarda yürütülen opsiyon işlemleri bu tarihte Chicago Board Options Exchange (CBOE) Borsası'nın kurulması ile organize

bir kurumda işlem görmeye başlamıştır. Bu borsada işlemler 26 Nisan 1973 tarihinde 16 hisse senedi için düzenlenmiş alım (call) opsiyonları ile başlamış olup, satım (put) opsiyonları 1977 Haziran ayında işleme sunulmuştur. Dövizde dayalı opsiyon işlemleri 1982 yılında, endekse dayalı opsiyon işlemleri ise 1983 yılında işlem görmeye başlamıştır.

Opsiyonun tarafları, opsiyon piyasaları ve opsiyon işlemlerinde bazı temel kavramlar kullanılmaktadır (Kolb, 1995):

- Opsiyonu satın alan kişi (opsiyon alıcısı)
- Opsiyonu yazan kişi (opsiyon yazıcısı)
- Opsiyon primi (opsiyon fiyatı)
- Kullanım fiyatı
- Vade sonu tarihi

Opsiyonu satın alan kişi, bir finansal varlığı ya da vadeli işlem sözleşmesini önceden belirlenen bir fiyattan vade tarihinde veya daha önce satın almak veya satmak hakkını elinde bulunduran kişidir. Opsiyon yazıcısı ise, opsiyonu satmak ya da almak hakkını elinde bulunduran kişinin isteği üzerine yükümlülüğünü, satın almak ya da satmak şeklinde yerine getiren kişidir. Opsiyonu satmak genelde, opsiyonu yazmak olarak da ifade edilir.

Opsiyon primi, opsiyonu satın alan kişinin, opsiyonu yazan kişiye ödemek durumunda olduğu ve tarafların kendi aralarında belirledikleri ücrettir. Diğer bir ifadeyle, opsiyonu satan taraf, opsiyonu satın alan taraftan belirli bir prim talep etmektedir. Opsiyonu satın alan kişinin anlaşma yapılan ürünü veya gelecek işlem sözleşmesini satın almak veya satmak hakkını elinde bulundurması ve bu hakkı kullanması kendi isteğine bağlı olmasından dolayı, opsiyonu yazan kişi riski üstlenmektedir. Opsiyonu yazan kişinin aldığı prim, opsiyon kullanılsa bile opsiyonu satın alan kişiye geri verilmez. Opsiyonu satın alan kişiye opsiyon alıcısı, opsiyonu yazan kişiye opsiyon yazıcısı, opsiyon primine de opsiyon fiyatı da denilebilir.

Kullanım fiyatı, opsiyon sözleşmesinde önceden belirlenen ve opsiyon işleme konulduğunda söz konusu varlık için ödenecek alım ya da satım fiyatıdır. Opsiyonu elinde bulunduran kişi, opsiyon sözleşmesinde anlaşılmış olan fiyat üzerinden almaya ya da satmaya karar verirse opsiyonu işleme koymuş olur, opsiyonu elinde bulunduran kişi opsiyonu kullanmaktan vazgeçerse opsiyon terk edilir. Kullanım fiyatı, opsiyonu alan ya da satma hakkını elinde bulunduran kişinin üzerinde anlaşılmış olan fiyat üzerinden ürünleri almaya veya satmaya karar verdiği ve opsiyonu kullandığı fiyat ya da işlem fiyatı olarak da açıklanabilir.

Opsiyon sözleşmelerinde önceden belirlenen ve opsiyonların geçerliliklerinin sona erdiği güne vade sonu tarihi denir.

2.1 Opsiyon Türleri

Finansal opsiyonlar hakkında temel kavramlar aktarıldıktan sonra, opsiyon türlerinden bahsedilebilir. Finansal opsiyonları taraflara getirdiği yükümlülükler açısından ikiye ayırmak mümkündür (Kolb ve Overdahl, 2003):

- Alım Opsiyonları (Call Option)
- Satım Opsiyonları (Put Option)

Alım opsiyonu, opsiyonu alan tarafa, belirli bir vadede veya vadeye kadar önceden belirlenen fiyat, miktar ve nitelikte ekonomik veya finansal gösterge ile malı, kıymetli madeni ve döviz, opsiyonu satan yatırımcıya ödediği bir prim karşılığında belli bir fiyattan alma hakkını verir.

Opsiyonu yazan yatırımcı ise belli bir vadeye kadar veya vadede opsiyona dayanak oluşturan belli miktardaki malı, finansal ürünü, sermaye piyasası aracını veya ekonomik göstergiyi yatırımcının talebi halinde belirli fiyattan satmakla yükümlüdür.

Bir yatırımcı gelecekte ilgilendiği menkul kıymetin fiyatının yükseleceğini düşünüyorsa, bugünden ilgili menkul kıymetin fiyatını sabitlemek için alım opsiyonu satın alır. Vadesi geldiğinde alıcı taraf, menkul kıymetin spot piyasa ile opsiyon sözleşmesindeki fiyatını karşılaştırarak opsiyonu kullanıp kullanmamaya karar verir.

Sözleşmede anlaşmaya varılan fiyat, piyasadaki fiyattan düşükse opsiyonu kullanmak karlı olacağından uzun taraf kısa taraftan yükümlülüğünü yerine getirmesini ister. Aksi durumda ise opsiyonu elinde tutan yatırımcı opsiyonu kullanmak yerine menkul kıymeti piyasadan almayı tercih edecektir.

Satım opsiyonları ise, opsiyonu alan tarafa belirli bir vadede veya vadeye kadar, önceden belirlenen fiyat, miktar ve nitelikte ekonomik veya finansal göstergesi, sermaye piyasası aracını, kıymetli maden ve döviz satma hakkı veren (ancak satmaya zorunlu tutmayan) satan tarafı ise opsiyon alıcısının talebi halinde satmaya yükümlü kılan sözleşmelerdir.

Opsiyonu alan tarafın ileride fiyatların düşeceği yönünde beklentisi gerçekleştiğinde, elindeki menkul kıymetleri piyasaya göre daha yüksek fiyattan opsiyon yazıcısına satma hakkı doğacaktır. Ancak beklentisi gerçekleşmediğinde opsiyondan doğan satın hakkını kullanmayacaktır. Bu durumda ödediği prim kadar zarar söz konusu olacaktır.

2.2 Avrupa ve Amerikan Tipi Opsiyonlar

Finansal opsiyonlar taraflara getirdikleri yükümlülükler açısından alım ve satım opsiyonları olarak ikiye ayrıldıkları gibi, kullanım sürelerine göre de Avrupa Tipi ve Amerikan Tipi olarak ikiye ayrılırlar (Bodie ve diğ., 2005).

Amerikan tipi opsiyonlar, vade süresi içinde hak sahibi tarafından dilendiği an uygulamaya konulabilirler. Buna karşılık Avrupa tipi opsiyonlar ise ancak önceden belirlenmiş bir tarihte uygulamaya konulabilir. Sağlamış oldukları bu esneklik ve zaman değeri sebebiyle, Amerikan tipi opsiyonlarda ödenen prim veya alış bedeli Avrupa tipi opsiyonlara göre daha yüksektir (Bodie ve diğ., 2005).

2.3 Opsiyonların Vade Sonundaki Getirileri

Opsiyonlar, opsiyon sözleşmelerinde dayanak varlığın fiyatı, hisse senedi fiyatı (S) ile opsiyonun kullanım fiyatı (X) arasındaki ilişkiye bağlı olarak da incelenebilir.

Eğer bir alım opsiyonunun kullanım fiyatı spot fiyattan düşük ise bu opsiyona karda opsiyon (in-the-money) denilmektedir. Bu durumda spot fiyat ile kullanım fiyatı arasındaki fark kadar bir kar oluşmaktadır.

Alım opsiyonun sözleşmesinin kullanım fiyatı opsiyona konu olan dayanak varlık fiyatına eşit ise opsiyona başabaş opsiyon (at-the-money) denilir.

Vade sonu itibariyle alım opsiyonu sözleşmesinin kullanım fiyatı, opsiyona konu olan dayanak varlıktan yüksek ise bu opsiyon zararda (out-of-the-money) opsiyondur.

Tablo 2.1: Opsiyonların Vade Sonundaki Getirileri

	Alım Opsiyonu	Satım Opsiyonu
Karda Opsiyon	$S > X$	$S < X$
Başabaş Opsiyon	$S = X$	$S = X$
Zararda Opsiyon	$S < X$	$S > X$

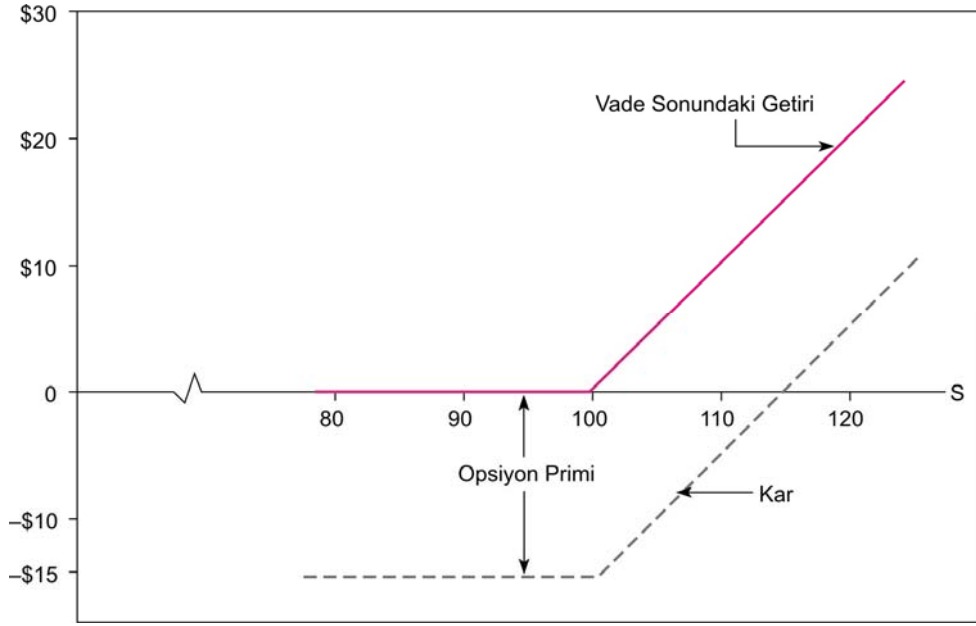
Tablo 2.1’de gerek Amerikan tipi gerekse de Avrupa tipi opsiyonların vade sonundaki getirileri hisse senedi fiyatı (S) ve kullanım fiyatı (X) cinsinden genelleştirilmiştir.

Örneğin, XYZ firmasının hisse senedi üzerine yazılmış kullanım fiyatı \$100 ve opsiyon primi \$15 olan bir alım opsiyonunu satın aldığımızı varsayalım. XYZ firmasının hisse senedi fiyatının değişimine göre alım opsiyonunun getirisi Şekil 2.1’de verilmiştir.

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere, alıcının maksimum karı, sınırsızdır. Buna karşılık alıcının maksimum zararı sadece opsiyon primidir.

Bir alım opsiyonun alıcısına vade sonunda sağlayacağı getiri aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\begin{aligned}
 &S - X, && \text{eğer } S > X \\
 &0, && \text{eğer } S \leq X
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

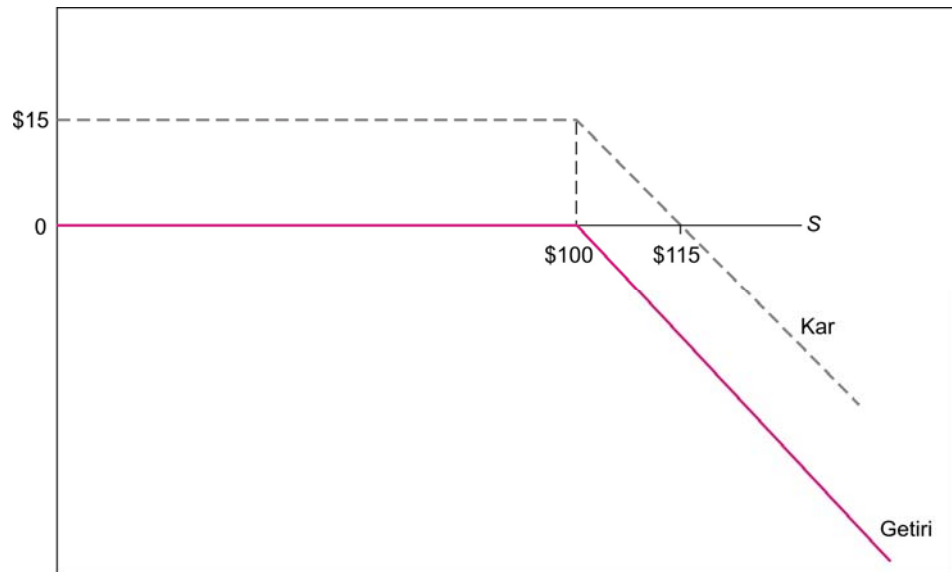


Şekil 2.1 : Alım Opsiyonunun Alıcısına Getirisi

Öte yandan, aynı örnekte Şekil 2.2’de görüldüğü üzere, satıcının maksimum karı opsiyon primi ile sınırlıyken, maksimum zararı ise sınırsızdır.

Bir alım opsiyonunun satıcısına, opsiyonu yazan kişiye, vade sonundaki getirisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

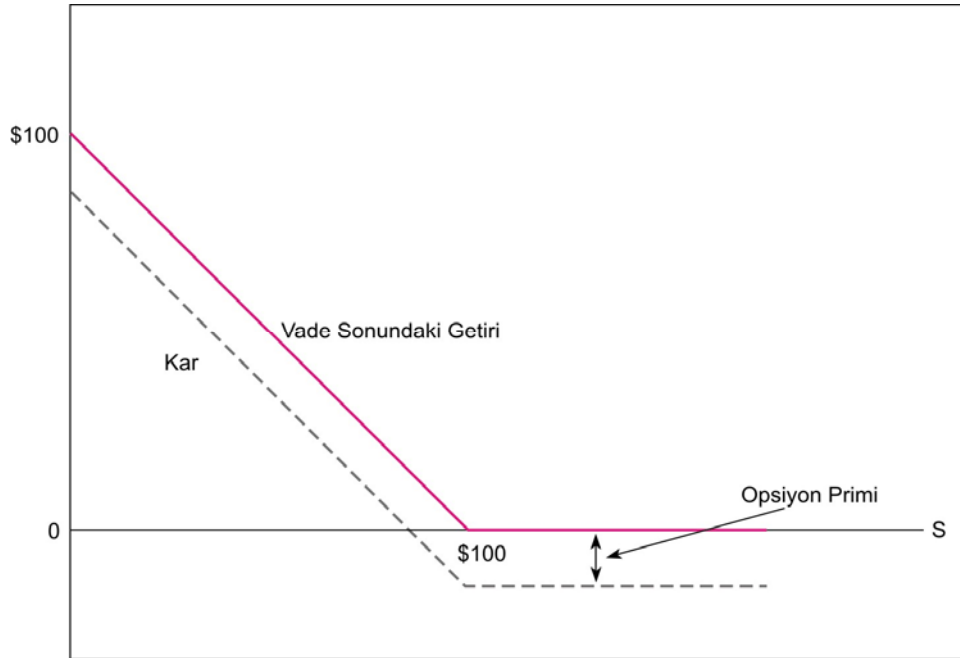
$$\begin{aligned} &-(S - X), && \text{eğer } S > X \\ &0, && \text{eğer } S \leq X \end{aligned} \quad (2.2)$$



Şekil 2.2 : Alım Opsiyonunun Satıcısına Getirisi

Yine benzer bir senaryoda, XYZ firmasının hisse senedi üzerine kullanım fiyatı \$100 olan bir satım opsiyonumuzun olduğunu varsayalım. Opsiyonun alıcısı fiyatların düşeceği yönünde beklentisi gerçekleştiğinde, elindeki menkul kıymetleri piyasaya göre daha yüksek fiyattan satma hakkı doğacaktır. Dolayısıyla eğer XYZ firmasının hisse değeri \$90'e düşerse alıcı \$10 bir getiri elde edecektir (Şekil 2.3). Ancak beklentisi gerçekleşmediğinde hakkını kullanmayacaktır. Satım opsiyonunun alıcısına getirisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} &0, && \text{eğer } S \geq X \\ &S - X, && \text{eğer } S < X \end{aligned} \quad (2.3)$$



Şekil 2.3 : Satım Opsiyonunun Alıcısına Getirisi

Sonuç olarak opsiyonlar, finansal piyasalarda yatırımcıların risklerini azaltmak için kullandıkları araçlardır. Yatırımcılar küçük bir parayla piyasa hareketlerinden kazanç sağlayabilirler. Fiyatlarda aşırı bir hareket olursa, alım opsiyonu alan bir yatırımcının bütün kaybedeceği opsiyon primi iken, örneğin hisse senedi alan bir yatırımcı, hisse senedi bedelinin büyük bir kısmını bu dalgalanmada kaybedecektir. Belirli bir miktar hisse senedini satın almak isteyen fakat zarar edebileceğinden çekinen bir yatırımcı hisse senediyle beraber ters yönde bir opsiyon satın alarak yüklediği riski azaltabilir.

Bu bölümde temel tanımları ve türleri irdelenen opsiyonların gerek finansal bir araç olarak kullanımını gerekse de değerlemesini konu alan bir çok çalışma yapılmıştır. Bir sonraki bölümde finansal opsiyonları temel alarak geliştirilen ve çalışmaya konu olan reel opsiyon değerlendirme yaklaşımı, bu yaklaşımın gelişimi incelenecek ve yaygın kullanılan değerlendirme yaklaşımlarıyla karşılaştırması yapılacaktır. Ayrıca reel opsiyon türleri ve reel opsiyonların kullanım alanlarını kapsayan detaylı bir literatür araştırması sunulacaktır.

3 REEL OPSİYONLAR

Opsiyonlar teorisinin finans sektörüne sunduğu yeni açılımlar, bu alternatif yaklaşımın gerçek hayatta karşılaşılan reel varlık yatırımlarının değerlemesi sürecinde kullanılmasına ön ayak olmuştur. Literatüre reel opsiyonlar olarak giren bu alternatif yatırım değerlendirme tekniği, finansal opsiyonları değerlemede kullanılan yöntemlerin bir yatırımın doğasını ifade edecek şekilde uyarlanması neticesinde şekillenmiştir. İlk bakışta reel opsiyonlar, finansal opsiyonların yatırımları değerlendirme sürecinde karşılaşılan esnekliklere olan benzerliklerinden doğmuştur.

Reel opsiyonlar teriminin literatürde farklı tanımları mevcuttur. En genel anlamda finansal opsiyonlarla tanım açısından bir karşılaştırma yapıldığında; finansal opsiyonlar belirli bir zaman dilimi için finansal bir varlığı satın alma ya da satma hakkını sunarken, reel opsiyonlar belirli bir zaman dilimi içerisinde bir projeyi firmanın stratejik kararları doğrultusunda en geniş anlamda şekillendirme olanağını tanımaktadır. Bu sadece projeyi gerçekleştirmek ya da gerçekleştirmemek olarak düşünülmemelidir. Yönetimin kararları doğrultusunda farklı açılımlar da her zaman olacaktır. Bu durum reel opsiyon türleri başlığında irdelenmiştir. Kulatilaka ve Amram (1999) reel opsiyonları, finansal opsiyon teorisinin reel varlıklara (finansal olmayan araçlara) uygulanabilen bir uzantısı olarak tanımlamaktayken; Luenberger (1998), kontrol edilebilir tüm süreçlerin bir dizi operasyonel seçenekler olarak nitelendirilebileceğini, bunun neticesinde operasyonel seçenekleri, finansal varlıkların aksine, reel faaliyetler ve varlıklar içeren reel opsiyonlar olarak ifade etmenin doğru olacağını belirtmiştir. Bu iki önemli araştırmacının verdiği tanımlar arasındaki temel ayırım kapsam açısından reel opsiyon yaklaşımına olan bakış açısı farklılığıdır. Günümüzde reel opsiyonların mühendislik bilimindeki uygulamalarının giderek arttığını göz önüne alırsak kapsamı geniş tutan Luenberger'in tanımının daha doyurucu bir tanım olduğu söylenebilir. Bu tanım doğrultusunda mühendislik sistemlerindeki fiziksel esnek tasarımların da sadece mühendislik projesi olarak

değil, reel opsiyonlarla değeri olabilecek yatırım fırsatları olarak düşünülmesi sağlanır.

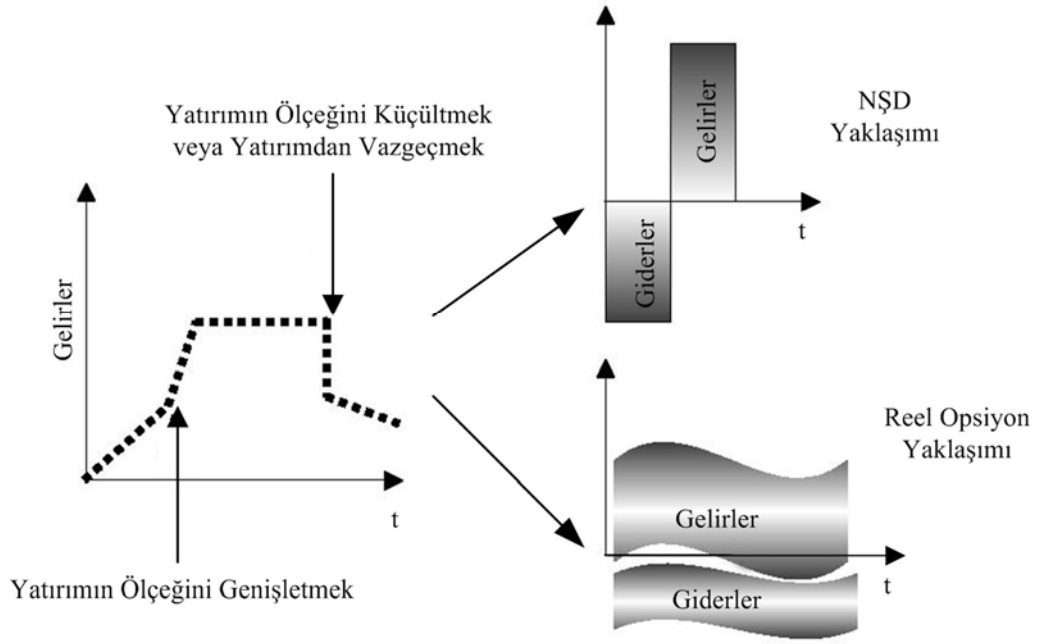
Myers (1987), bünyesinde belirgin işlevsel ve stratejik opsiyonlar barındıran yatırımların değeri esnasında geleneksel yatırım değeri yöntemlerinin, doğasında var olan kısıtlamalar nedeniyle, kullanılmasının sıkıntılara neden olacağını belirten ilk araştırmacılarından biridir. Bu görüş etrafında toplanan birçok araştırmacı yaptıkları farklı sektörleri ve uygulamaları hedefleyen çalışmalarıyla reel opsiyon yatırım değeri yaklaşımının diğeri alternatif yatırım değeri yaklaşımına göre hızlı bir şekilde ilerlemesine katkıda bulunmuşlardır.

Geleneksel yatırım değeri yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılanı Net Şimdiki Değeri (NŞD) yaklaşımıdır. NŞD yöntemi, kısaca proje alternatiflerinin şimdiki değeri hesaplamak ve en yüksek pozitif şimdiki değeri sahip olanı seçmek olarak tanımlanabilir. Geleceğin belirsizlikler taşıdığı kesindir. Bu gerçek doğrultusunda paranın zaman değeri dikkate alındığında yöntemin ana fikri “Paranın bugünkü değeri, yarınki değerinden daha yüksektir.” şeklindedir. Yöntemin temelleri Yale Üniversitesi'nde bir ekonomist olan Irving Fisher'ın 1907 yılında yapmış olduğu "Faiz Oranı" (Rate of Interest) adlı çalışmaya dayanmaktadır. Bu çalışmada Fisher, projeden beklenen nakit akışlarını projenin riskini ifade eden bir oranla iskonto etmiştir.

NŞD yönteminin en önemli avantajları yatırım değeri değerlendirmenin uygulamadaki kolaylığı ve verdiği sayısal sonucun yoruma açık kapı bırakmadan yatırım kararını mutlak olarak bir neticeye bağlayan yapıya sahip olmasıdır. Bununla beraber NŞD yöntemi bir yatırım kararını önemli bir şekilde etkileyebilecek olan yönetsel esnekliğin katma değeri gözardı etmektedir. Yatırımların geri dönülmez olduğunu ve yatırımın hemen yapılmadığı takdirde bir daha yapılamayacağını öngörmektedir. Ayrıca yatırımın yaşam döngüsü boyunca değeri değiştirilemeyeceğini ya da yatırımdan vazgeçilemeyeceğini kabul eder.

Bununla beraber günümüz piyasa koşullarındaki ani değeri değişiklikler ve belirsizlikler yöneticileri sürekli olarak pozisyonlarını koruyacak ve iyileştirecek aktif stratejiler izlemeye zorlamaktadır. Bu ise ancak, yöneticilerin gelecekteki belirsizliklere karşı eyleme geçmelerine imkan tanıyacak esnekliğe sahip olmalarıyla mümkündür. Doğal

olarak yatırım kararları da birçok uygulamada reel opsiyonların oluşmasına sebep olan erteleme, vazgeçme, genişletme ya da kademeli olarak gerçekleştirme esneklikleriyle şekillenmektedir (Brach, 2003). Şekil 3.1’de bu durum gösterilmektedir. Yöneticiler zaman eksenini boyunca piyasadaki talebe bağlı olarak bir yatırımla ilgili stratejilerini gözden geçirebilirler.

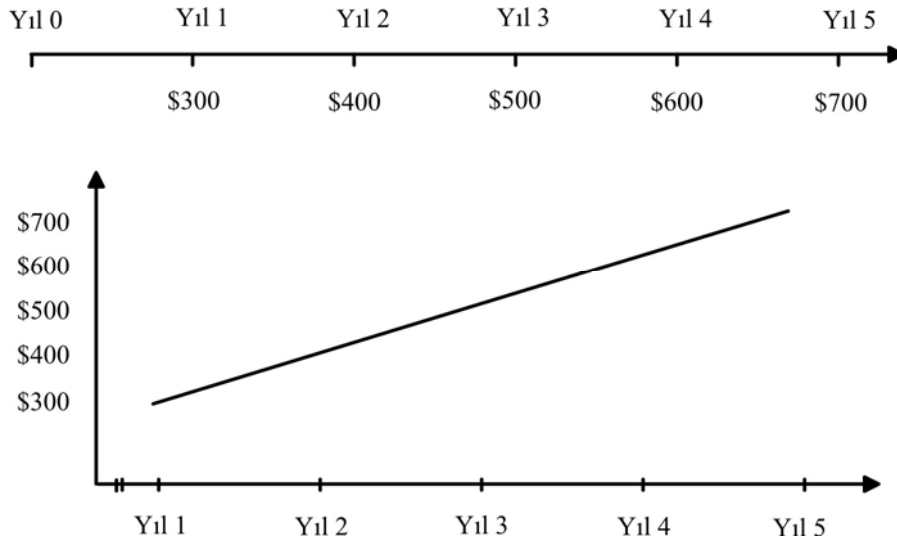


Şekil 3.1 : Gerçek Hayat Uygulamalarında Yatırımın Yaşam Döngüsü

NŞD yönteminin diğer bir sıkıntısı da; yatırım değerlemesi için ilgili nakit akışlarının ve iskonto oranının kesin olarak önceden bilinmesini gerektirmesidir. Fakat gelecekte oluşması muhtemel nakit akışlarının ve karşılaşılabilecek iskonto oranlarının öngörülmesi oldukça zordur. Ayrıca muhafazakar yöneticiler güvenli tarafta olmak için yatırımları NŞD yöntemiyle değerlerken, yatırımın taşıdığı riskten daha yüksek bir iskonto oranı kullanma eğilimindedirler. Bu durum yatırımları haksız yere cezalandırırken, önemli fırsatların kaçırılmasına da sebep olmaktadır. Bununla beraber reel opsiyonlar yaklaşımı yatırım değerlendirme esnasında riske göre uyarlanmış bir iskonto oranına ihtiyaç duymaz, nakit akışlarını risksiz getiri oranıyla iskонтolar. Riskin beklenen nakit akışları üzerinde yaratacağı volatilitiyi yatırımın değerini daha da arttıracak bir potansiyel olarak görür. Sonuç olarak geleneksel yatırım değerlendirme yöntemleri belirsizlik ve neticesinde oluşan risklerin bilincindedir.

Bununla beraber yönetsel eylemlerle bu risklerin dağıtılarak yatırımın değerinin korunabileceği hatta artırılabilirliği gerçeğini hiçe sayar (Brach, 2003).

Bir yatırımın gelecekte sağlayacağı beklenen nakit akışlarının kesin olarak bilindiği bir statik senaryoyu ele aldığımızda, senaryoda bir belirsizlik olmadığı için beklenen nakit akışlarında bir volatilité olmayacaktır (Şekil 3.2). Halbuki gerçek hayat uygulamalarında nakit akışlarının ne şekilde gerçekleşeceğinin tahmin edilmesi mümkün değildir. Belirsizliğin ve riskin sebep olduğu volatilitéye bağlı olarak yatırımın sağlayacağı nakit akışları bazı durumlarda beklenenin üzerinde gerçekleşecekken bazı durumlarda ise beklenenin altında kalacaktır (Mun, 2002). Diğer bir deyişle NŞD yöntemi; dönemsel olarak ya da tüm projeyi olması gerekenden daha değerli ya da daha az değerli olarak hesaplayacaktır (Şekil 3.3).



Şekil 3.2 : NŞD Yönteminin Yatırımın Sağlayacağını Öngördüğü Nakit Akışı

Yukarıdaki bilgiler ışığında NŞD değerlendirme yönteminin günümüz uygulamaları için büyük ölçüde yetersiz kalacağı sonucuna varılabilir. NŞD yönteminin en önemli yetersizliği olan karar alma sürecinde stratejik unsurların ve yönetsel esnekliğin sunacağı katma değerleri yatırımları değerlendirirken gözardı etmesi; araştırmacıları yönetsel esnekliği dikkate alan, alternatif yatırım değerlendirme yöntemlerinden Karar Ağacı (KA) yöntemine yönlendirmiştir. KA yöntemi yöneticilere bir yatırımı değerlendirirken ya da bir karar alırken, zaman ekseninde belirsizlikten dolayı şekillenebilecek olası tüm alternatif eylemleri ve olası sonuçlarını bir karar ağacı yapısında modellemesine imkan tanımaktadır (Trigeorgis ve Mason, 1987).



Şekil 3.3 : Gerçek Hayat Uygulamalarında Yatırımın Sağlayacağı Nakit Akışı

KA yönteminde ağacın başlangıç noktasındaki kararın optimal olması için, takip eden diğer karar düğümlerinde de optimal sonuçların elde edilmesi şarttır. Diğer bir deyişle, optimal yatırım kararının alınabilmesi için optimal güzergahın belirlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden KA yöntemi, karar ağacının en son düğümünden başlayarak (ağacın sağ tarafından) geriye doğru işlemektedir. Bir karar düğümünün neticesinde oluşan dallar, yöneticilerin önündeki opsiyonları ifade etmektedir. Bu dallarda bütün olası tercihler gösterilmektedir. Dallların karşılıklı olarak birbirlerinden bağımsız olması şarttır. Dallara uygun olasılıkların atanması için, birçok durumda firmanın gerçekleştirdiği önceki projelerden elde edilen tecrübelerden faydalanılır. Diğer durumlarda ise uzman görüşü ya da sezgisel yaklaşımlar ön plana çıkmaktadır. NŞD yöntemine nazaran KA yöntemi belirsizliğin ve yönetsel esnekliğin sürece dahil edilebilmesi açısından uygulamacılara belirgin bir kavramsal reform sunmuştur (Benaroch ve Kauffman, 2000).

KA yöntemi günümüzde mühendislik çevrelerince yaygın olarak kabul görmüş bir yöntemdir. Bununla beraber yöntemin uygulamadaki en önemli sıkıntısı riske karşı tutumdur. Bu sıkıntı NŞD yönteminde olduğu gibi uygun iskonto oranının belirlenmesi esnasında kendini göstermektedir. İskonto oranının sermaye maliyetini yansıtması gerekir. Sermaye piyasaları özel riski ödüllendirmez, dolayısıyla yatırımın doğasında bulunan sistematik riski yansıtan sabit bir iskonto oranını kullanmalıdır (Brealey ve Myers, 2003). Bununla beraber bir yatırımda tek bir iskonto oranının kullanılması uygun olmayabilir. Yatırımın farklı aşamalarında riskin

seviyesi de farklılık gösterecektir. Örneğin bir proje araştırma geliştirme aşamasında farklı, ticarileştirme aşamasında farklı bir riske sahip olacağından iskonto oranları da farklı olmalıdır. Genel olarak yatırım aşama kaydettikçe taşıdığı risk de azalacaktır. Fakat riske göre uyarlanmış iskonto oranı yatırım süreci boyunca sabit tutulursa yatırım aslında olduğundan daha az değerli gibi gözükecektir (Hodder ve Riggs, 1985). KA yönteminin diğer bir sıkıntısı ise; karar ağacının dallarının, getiri değişkenleri ve her değişken için dikkate alınan olasılıklarla birlikte geometrik olarak çoğalmasındır. Bu durum analitik bir çözümü oldukça zahmetli bir hale getirirken asıl odağın kaybedilerek optimal stratejinin belirlenmesini zorlaştırmaktadır.

Reel Opsiyonlar (RO) yöntemi, NŞD ve KA yöntemlerinin yukarıda belirtilen yetersizliklerine çözüm getiren bir alternatif değerlendirme yöntemidir. Belirsizliğin daha iyi modellenmesine imkan tanır. Buna bağlı olarak yatırımın gerçek değerini daha doğru analiz eder. RO yöntemi, yatırım ufku boyunca sadece yönetsel esnekliği fiyatlandırmaz, firmanın stratejik çerçevesini destekler ve genişletir. Yöneticilere, hissedarların beklentileri doğrultusunda firmanın orta ve uzun vadedeki stratejilerini optimize edebilmeleri adına bir yol haritası sunar. Buna ek olarak strateji odaklı finansman ve organizasyonel altyapı arasındaki bağı oluşturur. Bir katalizör gibi davranarak bir kararın alınmasında etken olacak önemli noktaları gün ışığına çıkarır (Brach, 2003). Bununla beraber RO yöntemi, NŞD ve KA yöntemlerinin tamamen yerini alacak bir yatırım değerlendirme yöntemi olarak görülmemelidir. Yatırım ufkuna, yatırımın büyüklüğüne ve yatırımın doğasındaki belirsizlik seviyesine bağlı olarak karar verme aşamasında bu yöntemler, birbirlerini tamamlayıcı yöntemler olarak dikkate alınmalıdır (Miller ve Park, 2002). Aşağıdaki ifade, RO yaklaşımının bu duruma nasıl baktığını daha iyi yansıtmaktadır.

$$\text{Genişletilmiş NŞD} = \text{Statik NŞD} + \text{Opsiyon Değeri} \quad (3.1)$$

Bu ifadeden de anlaşılacağı üzere RO yaklaşımı; NŞD yaklaşımının kullanımından tamamen vazgeçmemektedir. Aksine NŞD'yi, opsiyon temelli Genişletilmiş NŞD (GNŞD) değerinin hesaplanması için temel bir girdi olarak almaktadır. Ayrıca RO yaklaşımı, KA yönteminde kullanılan karar noktalarını da bünyesinde barındırmakta ve böylelikle önemli bir modelleme esnekliği sunmaktadır. Dolayısıyla RO yöntemi, NŞD ve KA yöntemlerinin sunduğu avantajları yine bu yöntemlere ait dezavantajları işe katmadan başarılı bir şekilde birleştirmektedir.

RO yöntemi, finansal opsiyonları değerlemede kullanılan yaklaşımlar temel alınarak geliştirilmiş bir yatırım değerlendirme tekniğidir. Dolayısıyla reel opsiyonlar ve finansal opsiyonlar arasında birçok benzerlik mevcuttur. Bununla beraber iki yöntem arasındaki ana farklar Tablo 3.1'de verilmiştir.

Finansal opsiyon uygulamalarında söz konusu olan varlıklar hisse senetleri, hazine bonoları, vadeli işlemler, döviz kurları ve değerli metaller gibi geniş bir yelpazeyi oluşturmaktadır. Reel opsiyon uygulamalarında ise genel olarak yatırım kararları ve sermaye bütçeleme işlemleri üzerinde çalışılmaktadır. İki yöntem arasındaki genel anlamdaki benzerlikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Yatırımın belirsizlik altında yapılması
- Yatırımın taşıdığı geri dönülmezlik
- İki ya da daha çok alternatif arasından seçim yapma hakkı

Tablo 3.1: Finansal Opsiyonlar ile Reel Opsiyonların Karşılaştırılması

Finansal Opsiyonlar	Reel Opsiyonlar
Hisse Senedi Fiyatı	Beklenen Nakit Akışlarının Şimdiki Değeri
Kullanma Fiyatı	Yatırım Maliyeti
Kullanma Tarihine Kalan Süre	Yatırım Yapma Olanağının Ortadan Kalkmasına Kalan Süre
Hisse Senedinin Getirisinin Varyansı	Projenin Nakit Akışlarındaki Belirsizlik
Risksiz Getiri Oranı	Risksiz Getiri Oranı

Bununla beraber önemli kavramsal farklılıklar da mevcuttur;

- Reel opsiyonlarla değerlendirme esnasında bütün belirsizliklerin ortadan kalmadığı durumlarda dahi bir karara varılması gerekir. Bu durumun aksine finansal opsiyonlarda kullanım tarihi yaklaştıkça optimal karara varmak için gerekli olan tüm değişkenlerin ne olacağı bilinmektedir.
- Finansal opsiyonun ömrü boyunca para hareket edecektir ve dalgalanmalar oluşacaktır. Opsiyon sahibi pasif olarak bu hareketleri takip edebilir. Reel

opsiyon sahibi ise firma hissedarlarının beklentisi doğrultusunda söz konusu olan varlığın hareketlerine yön verme esnekliğine ve yeteneğine sahiptir. Bu sayede potansiyel kazancı azami seviyede, olası kaybı ise asgari seviyede tutabilir.

- Reel opsiyonları mali riskten koruyacak (hedging) bir stratejinin geliştirilmesi oldukça zorlu bir iştir. Riskin olumsuz tarafının neden olabileceği, kayıpların belirli bir seviyede sınırlı tutulabilmesi için reel opsiyonu şekillendirirken gerçekten ihtiyatlı kabullerin yapılması gerekir.
- Finansal opsiyonların kullanım tarihine kalan süresi bellidir. Reel opsiyonlarda ise bir kararın alınması için genellikle bir zaman sınırı yoktur ve fırsatın halen geçerli olduğu zaman dilimi genellikle bilinmemektedir. Örneğin, bir prototipin geliştirilmesinin tam olarak ne kadar zaman alacağını ya da rekabet unsurları dahilinde sahip olunan opsiyonun diğer rakip firmaların eylemleri dahilinde öngörülen zaman diliminden önce ne şekilde sonlandırılacağını bilemeyiz.
- Finansal opsiyonlar için opsiyonun değeri üst potansiyel değer ve kullanım fiyatı arasındaki nümerik farktır. Reel opsiyonlarda ise opsiyon değerinin bir kısmı firmanın temel rekabet becerileri, pazardaki konumu, marka adı, teknolojik yetenekleri ve teknik uzmanlaşma ve deneyimlerle elde edilmiş rakip firmaların yatırım kararlarını zorlaştıracak olası sınırlardan ortaya çıkmaktadır. Değerin bir kısmı altyapı, araştırma ve geliştirme üzerine yatırım yaparak ve patent anlaşmaları, kontratlar gibi diğer anlaşmaları imzalayarak elde edilmektedir.
- Finansal opsiyonların ve reel opsiyonların değerine etki eden parametrelerdeki değişiklikler opsiyon değerlerini benzer şekilde etkilememektedir. Örneğin kullanım tarihine kalan süre arttıkça finansal opsiyonun değeri de artacaktır. Bunun özünde; daha uzun bir zaman ufkunda opsiyonun değerinin taşıdığı belirsizlik ve dolayısıyla potansiyel değerinin artması yatmaktadır. Reel opsiyonlarda ise bu durum opsiyonun firmaya özgü ya da paylaşılan bir tipte olmasına göre farklılık arz eder. Opsiyonun bir firmaya özgü olduğu durumlarda zaman ufkundaki artışa bağlı olarak opsiyonun da değeri artacaktır. Diğer durumda ise rekabet unsurlarının da dikkate alınması gereklidir, bu durum zaman ufku ile opsiyon değeri arasındaki ilişkiyi karmaşık bir hale sokar.

- Finansal opsiyonların değeri volatilité yükseldikçe artış gösterecektir. Bunun nedeni yüksek volatilitenin yüksek üst potansiyel değere olanak sunmasıdır. Volatilitenin yükselmesi reel opsiyon değerinin de kesinlikle artış göstereceği anlamına gelmez. Pazardaki volatilité opsiyon değerini artırabilir. Bununla beraber, opsiyon değerine asıl katkı stratejik ön satın alım hakkından (strategic preemption) doğduysa talepteki belirsizlik opsiyonun değerini olumsuz yönde etkileyecektir (Smit ve Trigeorgis, 2004). Teknik volatilitedeki yükseliş de opsiyon değerini olumsuz etkileyebilir (Huchzermeier ve Loch, 1999).
- Reel opsiyona söz konusu olan varlıklar sermaye piyasalarında aktif olarak işlem görmemektedir. Dolayısıyla volatilité parametresinin ne şekilde atanması gerektiği reel opsiyon uygulamaları için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Uygun volatilitenin belirlenebilmesi adına firmanın daha önce yapmış olduğu ya da sektörde gerçekleştirilmiş benzer yatırımlar dikkate alınabilir. Fakat genellikle bu tip verilere ulaşılması mümkün değildir, dolayısıyla reel varlık yatırımlarının volatilitesinin tahmin edilmesi neredeyse imkansızdır (Miller ve Park, 2002). Alternatif bir yöntem de Monte Carlo Simülasyonu (MCS) kullanılarak volatilitéyi hesaplamaktır. Bu yöntemde, yatırımın gelecekteki nakit akışlarının simülasyonu olasılık dağılımları kullanılarak yapay bir şekilde oluşturulur ve ilgili nakit akışları üretilir. Bu nakit akışları dikkate alınarak bir volatilité değeri elde edilebilir (Copeland ve Antikarov, 2001). Finansal opsiyonlarda ise volatilité geçmiş verilerin irdelenmesiyle belirlenebilir.
- Gerçek hayat uygulamalarında opsiyonun değeri esnek bir yatırım projesinden elde edilen azami getiri ile esneklik taşımayan bir proje arasındaki fark olarak tanımlanabilir (Chorn ve Sharma, 2001). Bu tür bir analiz, projede var olan diğer opsiyonların da (embedded options) değerini ortaya çıkartacaktır. Finansal opsiyonlar için kullanım fiyatı sabittir. Reel opsiyonlar içinse opsiyonun maliyetinin ne olacağı belirsizdir. Bunlara ek olarak reel opsiyonun değeri belirsizlik taşıyan maliyetler ve belirsizlik taşıyan gelecek nakit akışları arasındaki korelasyona da bağlıdır.

3.1 Reel Opsiyon Türleri

Reel opsiyonlar inceledikleri esneklik türlerine göre erteleme opsiyonu, kademeli yatırım opsiyonu, mevcut kapasiteyi değiştirme opsiyonu, vazgeçme opsiyonu, kullanımı değiştirme opsiyonu ve büyüme opsiyonu olarak altı temel yönetsel opsiyon olarak sınıflandırılabilir (Brach, 2003). Tablo 3.2’de reel opsiyon türleri özetlenmiştir.

3.1.1 Erteleme Opsiyonu

Erteleme opsiyonu (Option to Defer) veya yatırım için bekleme opsiyonu olarak isimlendirebileceğimiz opsiyonun değeri, bir yatırımı yapmadan önce yeni bilgilerin beklenmesi yoluyla belirsizliğin azalmasından kaynaklanır. Örneğin, bir otomobil firması yeni çıkardığı bir model için yeni bir üretim tesisi kurup kurmama kararını, yeni modelin pazarda göstereceği performansı görene kadar, imalat işini dış kaynaklardan sağlayarak erteleyebilir. Bir maden arama firması, işletme hakkını aldığı bir bölgede maden arama işlemini, çıkarmayı umduğu madenin piyasadaki fiyat gelişimini görmek ve maden çıkarıldığı zaman bütün masrafları karşılayarak kazanca geçeceğini belirleyene kadar erteleyebilir. Firmanın maden sahası üzerindeki haklarını korumak için ödediği vergiler ve diğer masraflar, aslında opsiyonu geçerli tutmayı ve uygun zamanda uygulayabilmeyi sağlayan ücrettir. Finansal anlamda, bu firma bir Amerikan tipi alım opsiyonu sahibidir ve istediği bir anda bu opsiyonu uygulamaya hakkı vardır.

3.1.2 Kademeli Yatırım Opsiyonu

Kademeli yatırım opsiyonu (Option to Stage, Time to Build Option), bir yatırımı adımlara bölmek ve adımları şartlara göre sırasıyla onaylamak ve uygulamak düşüncesi üzerine kuruludur. Bütün yatırımı tek bir seferde yapmak ve olumsuz bir sonuç çıktığında yatırımın hepsinin boşa gitmesi riskine karşı koruma sağlar. Kademe opsiyonları, yatırım tamamlanıncaya kadar şartların kontrolü ve uygun şartlar devam ettiği sürece adımların onaylanması esasına dayanır. Her bir kademe opsiyon ücretinin bir kısmı ödenmiş olur. Bütün adımların uygulaması tamamlandığında kademe opsiyonunun toplam ücreti de karşılanmış olur.

Tablo 3.2: Temel Yönetmel Reel Opsiyon Türleri

Opsiyon Tipi	Tanım	Esneklik Tipi	Literatür
Erteleme Opsiyonu	Yeni bilginin elde edilmesi neticesinde pazardaki belirsizlik azalınca kadar bekleme	Yukarı potansiyel (Upside potential)	Titman (1985); McDonald ve Siegel (1986); Paddock ve diğ. (1988); Ingersoll ve Ross (1992); Benaroch ve Kauffman (2000)
Kademeli Yatırım Opsiyonu	Yatırımı anlamlı daha küçük aşamalara bölerek ve koşula bağlı olarak gerçekleştirme	Yukarı potansiyel ve kaybı belirli seviyede tutma (Downside protection)	Majd ve Pindyck (1987); Carr (1988); Trigeorgis (1993); Kulatilaka ve diğ. (1999)
Mevcut Kapasiteyi Değiştirme Opsiyonu	Pazarda ortaya çıkan arz talep dengesine bağlı olarak firmanın kapasitesini kendi çıkarları doğrultusunda artırması ya da azaltması	Yukarı potansiyel ve kaybı belirli seviyede tutma	Brennan ve Schwartz (1985); McDonalds ve Siegel (1985); Trigeorgis ve Mason (1987); Pindyck (1988); Kulatilaka ve diğ. (1999)
Vazgeçme Opsiyonu	Pazardaki olumsuz gelişmeler neticesinde karlılığını kaybeden ya da zarar eden bir yatırımın elden çıkarılması	Kaybı belirli seviyede tutma	Myers ve Majd (1990); Clemons ve Weber (1990); Sachdeva ve Vanderberg (1993); Erdogmus ve Vandergraaf (1999)
Kullanımı Değiştirme Opsiyonu	Girdi ve/veya çıktı parametrelerini ya da operasyon şeklini değiştirme	Yukarı potansiyel ve kaybı belirli seviyede tutma	Margrabe (1978); Kensinger (1987); Kulatilaka (1988); Kulatilaka ve Trigeorgis (1994)
Büyüme Opsiyonu	Gelecekte pazarda oluşabilecek ilişkili bir fırsatı dikkate alacak şekilde yönetmel tavır alma	Yukarı potansiyel	Myers (1977); Kester (1984 ve 1993); Trigeorgis (1988); Pindyck (1988); Chung ve Charoenwong (1991); Trigeorgis (1996); Taudes ve diğ. (2000); Brealey ve Myers (2003)

İlaç endüstrisinde bir ilacın geliştirilmesi sürecinin aşamaları, kademe opsiyonunun uygulamasına örnek olarak verilebilir. İlk olarak, klinik öncesi araştırma aşaması yapılır. Olumlu sonuç çıkarsa, normal gönüllüler kullanarak klinik denemeler yapılabilir. Daha sonra ilacın molekül yapısının işe yaradığı ve güvenli olduğu ispatlanana ve ilaç onay alana kadar birçok kademe onaylanabilir.

Bu şekilde tanımlanan kademeler, yöneticilere yatırımın her bir kademesinde değerlendirme yapma ve uygun görüldüğü takdirde bir sonraki kademeye geçme fırsatı sunar. Böylece, kaynakların gereksiz yere harcanması riski azaltılmaya çalışılır. Bu tür opsiyonları, birbiri üzerine kurulmuş birçok alım opsiyonu şeklinde görebiliriz.

3.1.3 Mevcut Kapasiteyi Değiştirme Opsiyonu

Mevcut kapasiteyi değiştirme opsiyonu (Option to Change Scale, Option to Expand/Contract) ise, piyasa ve pazar şartlarına göre mevcut işletme kapasitesini azaltmak veya artırmak suretiyle bu yeni ve geçici duruma uyumu kapsar. Buna örnek olarak, tekstil ve doğal kaynaklar gibi mevsimsel etkilere açık işletmeler ve bunlara bağlı yatırımlar gösterilebilir.

3.1.4 Vazgeçme Opsiyonu

Vazgeçme opsiyonunu (Option to Abandon), finansal satış opsiyonuna benzetebiliriz. Bu opsiyon çeşidini, ileri bir tarihte ekonomik şartlar olumsuz olursa, başlanılan bir projeden vazgeçme ve yapılan yatırımı satarak paraya çevirme opsiyonu olarak tanımlayabiliriz. Vazgeçme opsiyonları, reel opsiyonların opsiyon fiyatlandırma teorisi üzerinde yapılan ilk uygulamaları arasındadır.

Örneğin, bir otomobil üreticisi firma pazarlamayı düşündüğü bir modelde satış miktarı istenilen düzeyde olmazsa, kurduğu üretim tesisini satmak isteyebilir. Tesisin satış imkanı (esnekliği), vazgeçme opsiyonuna karşılık gelir. Üretici isterse ileri bir tarihte tesisi satıp (vazgeçme opsiyonunu uygulayarak) dışarıdan tedarik yöntemiyle otomobil satışı yapabilir veya opsiyonu uygulamadan ürettiği otomobilleri satabilir. Üretici, pazar şartlarına göre kendisine uygun olan kararı verecektir ve bu karar vazgeçme opsiyonunu uygulamak veya uygulamamak seçeneklerinden birisi olacaktır.

3.1.5 Kullanımı Değiştirme Opsiyonu

Kullanımı değiştirme opsiyonları (Option to Switch) yatırımlara gerek girdi gerek de çıktıları farklılaştırmak suretiyle değişen şartlara adapte olma imkanı sunar. Doğalgaz brölörüne sahip bir fabrikanın, doğalgaz fiyatlarının artması durumunda bir başka alternatif yakıt kullanmak suretiyle hayatını devam ettirmesi bu opsiyon türüne örnek gösterilebilir. Bu örnek, kimyasal ürünler üreten fabrikalar ve elektrik santralleri için de genişletilebilir.

3.1.6 Büyüme Opsiyonu

Büyüme opsiyonları (Growth Option), genellikle bir proje için yatırım yapıldıktan sonra şartlar daha büyük yatırımları desteklediğinde uygulanırlar. Büyüme opsiyonları her türlü endüstride uygulanabilir, fakat özellikle yüksek teknolojik ve yüksek riskli alanlarda önemlidirler. Yazılım değiştirme ve uygulama, bilgi teknolojileri altyapısı gibi konular uygulama potansiyeli yüksek olan alanlardır. Büyüme opsiyonlarının kullanılması için, önce bir pilot uygulama yapılabilir. Pilot uygulamanın vereceği sonuca göre veya pilot uygulama sonrasında piyasa şartlarında oluşacak değişimlere göre büyüme opsiyonu verimli bir şekilde kullanılabilir.

Yukarıda bahsedilen bu temel opsiyon türlerinin birden fazlasının eşzamanlı olarak bir projede varolması mümkündür. Projeye gömülü bu opsiyonlar birbirlerini dışlayacak yapıda olabilecekleri gibi, birbirlerini sinerji yaratacak şekilde de etkileyebilirler. Böyle bir durumda projenin toplam değeri reel opsiyonların herbirinin ayrı ayrı değerlerinin toplamından farklıdır; bunun nedeni ise reel opsiyonların birbirine olan karşılıklı etkileşimleridir. Dolayısıyla kurulacak değerleme modellerinin bu etkileşimleri gözönüne alması zorunludur (Brach, 2003).

3.2 Reel Opsiyonların Uygulamaları

Literatürdeki reel opsiyon uygulamaları son yıllarda oldukça artmıştır. Bununla beraber konu ile ilgili ilk makaleler 1980'lerin birinci yarısına karşılık gelmektedir. Yapılan ilk çalışmalar, vadeli işlem piyasalarında alım satım işlemlerinin gerçeleştirilmesinden dolayı opsiyon parametrelerine değer atama imkanı tanıyan doğal kaynak uygulamaları üzerinedir. Örneğin ilk olarak Brennan ve Schwartz

(1985), stokastik kontrol teorisini kullanarak, bir doğal kaynak yatırımının analiz edilebilmesi adına ilgili projelerin geliştirilmesine, yönetilmesine ve gerektiği takdirde vazgeçilmesine imkan tanıyacak optimal karar politikasının belirlenmesine yol gösterecek bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmayı takiben biyoteknoloji, üretim-imalat, doğal kaynaklar, araştırma-geliştirme, şirket değerlendirme, strateji ve teknoloji gibi farklı sektörlerdeki uygulamalar üzerine RO yöntemi kullanılarak yatırım analizinin gerçekleştirildiği makaleler ardarda yayınlanmıştır ve sayıları her geçen gün artmaktadır. Tablo 3.3'te uygulama alanı bazında gruplanmış araştırma eserlerinden birkaçı verilmiştir.

Tablo 3.3: Uygulama Alanı Bazında Gruplanmış Reel Opsiyon Konulu Çalışmalar

Uygulama Alanı	Yazar Ad(lar)ı ve Yayın Yılı
Biyoteknoloji	Otto (1998); Kellogg ve Charnes (2000); Rausser ve Small (2000); Brach ve Paxson (2001); McGrath ve Nerkar (2004)
Üretim-İmalat	Chung (1990); McLaughlin ve Taggart (1992); Kulatilaka (1993); Cortazar ve Schwartz (1993); Mauer ve Ott (1995); Karsak (1996); Stowe ve Su (1997); Bengtsson (2001); Karsak ve Özoğul (2002 ve 2005)
Doğal Kaynaklar	Brennan ve Schwartz (1985); Kemna (1993); Pickles ve Smith (1993); Smit (1997); Cortazar ve Casassus (1998); Cortazar ve diğ. (1998); Imai ve Nakajima (2000); Kamrad ve Ernst (2001)
Araştırma-Geliştirme	Herath ve Park (1999); Childs ve Triantis (1999); Lint ve Pennings (2001); Jensen ve Warren (2001); Lee ve Paxson (2001); Newton ve diğ. (2004)
Şirket Değerleme	Kester (1984); Chung ve Charoenwong (1991); Keeley ve Punjabi (1996); Kelly (1998); Jagle (1999); Kellogg ve Charnes (2000)
Strateji	Kogut ve Kulatilaka (1994); Bollen (1999); Bernardo ve Chowdhry (2002)
Teknoloji	Kumar (1996); McGrath (1997); Panayi ve Trigeorgis (1998); Taudes (1998); Amram ve diğ. (1999); Boer (2000); McGrath ve MacMillan (2000); Benaroch ve Kauffman (2000); Benaroch (2002); Miller ve diğ. (2004)

Bu çalışmalarla beraber literatürde reel opsiyonların farklı ekonomik kararların değerlemesinde kullanıldığı bazı özel uygulamalar da mevcuttur. Mahajan (1990), yabancı bir ülkede gerçekleştirilecek bir projenin taşıdığı kamulaştırma riskinin parasal boyutunu analiz etmek için reel opsiyonları kullanmış ve neticesinde bazı uluslararası firmaların optimum bir düşünce tarzından uzak olarak kur riskini ve ülkenin taşıdığı riski dikkate aldığını işaret etmiştir.

Brown ve Davis (1998), farklı servis ömürlerine sahip, birbirlerini karşılıklı olarak dışlayan, iki projeyi reel opsiyonları kullanarak kıyaslamak için bir projeden diğerine geçmeye imkan tanıyacak kullanımı değiştirme opsiyonunu analizlerinde kullanmışlardır.

Panayi ve Trigeorgis (1998), birden fazla opsiyonun birarada dikkate alındığı bir birleşik opsiyon (compound option) modeli geliştirerek uluslararası bir bankanın yeni bir ülkede büyümesi ve yayılımı üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Günümüzde birçok çokuluslu firma artık RO yöntemini stratejik karar verme araçları arasında görmektedir. Örneğin otomotiv devi GM, RO yöntemini kullanarak yeni seri otomobillerin üretimi esnasında kullanımı değiştirme opsiyonunu yatırımın bünyesine dahil etmiştir. Bu opsiyon GM'a belirli bir zaman dilimi için daha ucuz kaynak tedarik etme fırsatını sunmaktadır. Opsiyon bedeli olarak tedarikçilerinin minimum sipariş beklentilerini karşılayan kontratları imzalayan GM, dünyanın herhangi bir bölgesinde bir hammaddenin fiyatının artması durumunda karşılaştacağı ekstra maliyet riskinden korunmaktadır.

Bilgisayar sektöründe HP; yabancı pazarlardaki farklı modellerdeki yazıcı satış miktarlarını aylarca öncesinden tahmin etmeye çalışarak üretim stratejilerine şekil vermeye çalışmaktadır. Bununla beraber pazardaki talebin aktif olarak değişkenlik göstermesinden dolayı bu tahminler oldukça nadiren tutarlı olmaktadır. Yüksek stoklama maliyeti ve teknolojinin demode olması risklerini taşıyan HP, farklı bölgelerde montaj tesislerin kurulum maliyetlerini üstlenerek bir erteleme opsiyonuna sahip olmuştur. Bu opsiyon HP'ye bir yazıcı modeline olan talep netleştiği zaman parçaların ilgili montaj tesisine gönderilerek toplanması ve pazara sunulması imkanını tanımış ve bu sayede de yanlış talep tahminleri neticesinde katlanılacak maliyetlerin önüne geçmiştir.

Havacılık sektöründe Boeing, bir uçak modelinin üretilip üretilmeyeceği kararına varmak için bile en azından birkaç yıl ve milyarlarca dolar sarfetmektedir. Bunun nedeni pazardaki talep, finansal belirsizliklerin yanı sıra teknik ve mühendislik alanlarındaki belirsizliktir. Bu sıkıntıların üstesinden gelmek için Boeing birçok tasarım projesine bir anda yatırım yapmaktadır. Elinde seçme opsiyonu bulunan Boeing, belirsizlik ve risklerin zaman içerisinde çözülmesine bağlı olarak tek bir proje üzerine çalışmalarını odaklayacaktır. Bu sayede seçme opsiyonunun primini oluşturan diğer tasarım projelerinin maliyeti karşılığında başlangıçta yanlış karar verme riskinden korunmaktadır. Bununla beraber diğer tasarım projelerinden elde edilen teknik ve mühendislik alandaki tecrübelerle bilgi birikimini artırmış olacaktır.

Telekomünikasyon sektöründe Sprint ve AT&T gibi firmalar geçmiş tarihlerde rakiplerine göre fiber optik kablolar kullanarak altyapılarına daha fazla yatırım yapmış; gelecek için daha güvenli ve geniş bir ağ yapısı kurmuşlardır. Aynı zamanda, rakip firmaların kolayca pazara tekrardan girmelerinin önüne bir set çekmişlerdir. Pazarın büyüyeceğini RO yöntemini kullanarak doğrulayan Sprint ve AT&T yöneticileri altyapı maliyeti karşılığında büyüme opsiyonu satın almışlardır.

İlaç sektörünün liderlerinden Merck&Co, yaklaşık on yılı aşkın bir süredir araştırma ve geliştirme projelerinin yönetiminde RO yöntemini kullanmaktadır. Hoffman La Roche ve Amgen, yatırımlarında RO yöntemini kullanarak ilaç sektöründeki teknolojik risklerden korunmayı başarmış ve sadece piyasa risklerini dikkate alarak yatırımlarını yönetmeye başlamışlardır.

Petrokimya sektöründe, Texaco ve BP Amaco keşfedilmemiş petrol kuyularının değerinin belirlenmesinde RO yöntemini kullanmaktadır.

Yukarıda verilen uygulama örneklerini daha da artırmak mümkündür. Aşağıda bir firmanın ana faaliyetleri ve rekabetçi pozisyonunu koruyabilmesi için sağlıklı bir şekilde gerçekleştirmesi gereken işlevler verilmiştir. Görüleceği üzere reel opsiyonlar bütün bu alanlarda gerçekleştirilecek projelerin değerlendirilmesi anlamında yöneticilere ışık tutmaktadır.

- Üretim

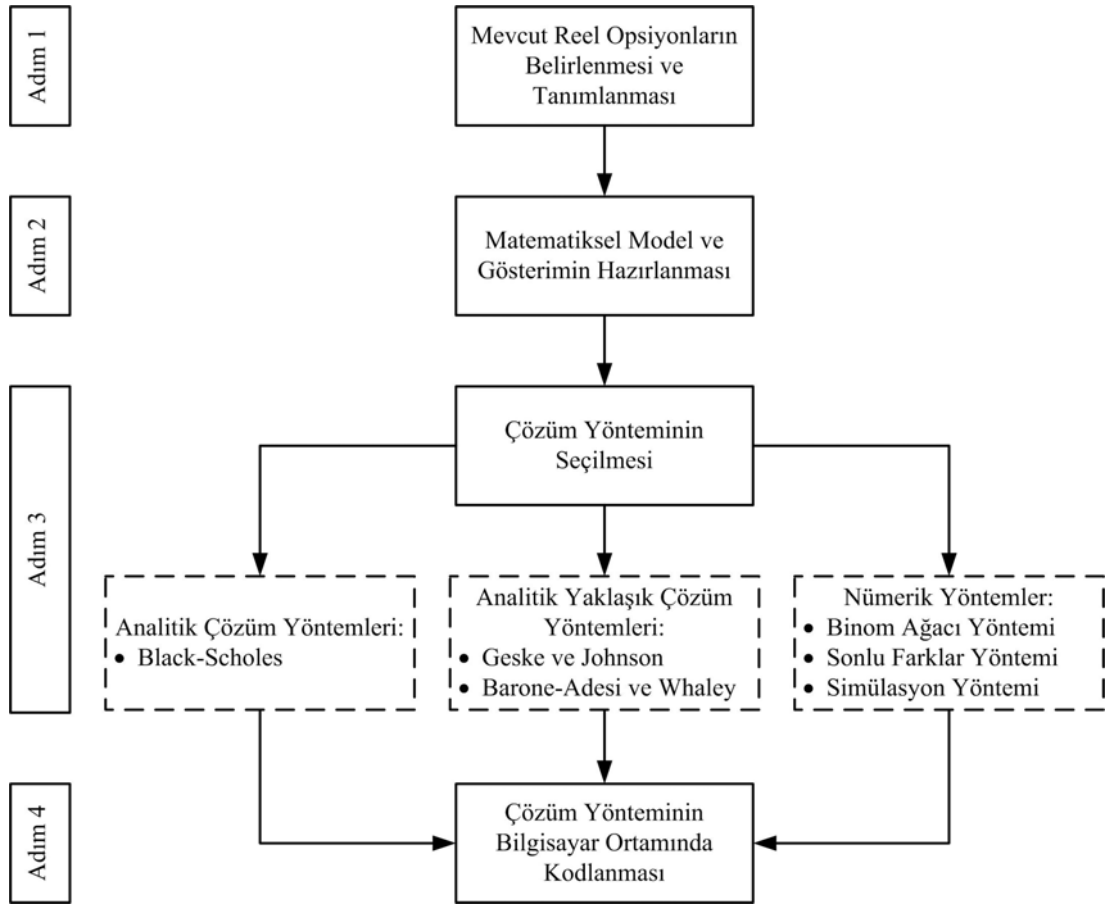
- o Dış kapasitenin (fason imalatçıların) güvence altına alınması
 - o Girdi ve çıktılarda esneklik
 - o Ölçeklenebilirlik
- Bilişim teknolojisi altyapısı
- Tedarik
- Araştırma-Geliştirme ve bilgi birikimi varlık yönetimi
 - o Kademeli yatırım uygulamaları ve vazgeçme opsiyonları
 - o Patentlerin alınması
 - o Standartların belirlenmesi (Standardization)
 - o Lisans alım bedelinin belirli seviyede tutulması
- Tasarım Esnekliği
 - o Tasarım kararının ertelenmesi
 - o Tasarımın firma içinde geliştirilmesi ya da satın alınması
 - o Tasarım teknolojisinin esnekliği ve modüler yapısı
- İnsan Kaynakları
 - o Çalışanların kalifikasyonları
 - o Sezonluk işe alma
- Dağıtım
 - o Yeni dağıtım kanallarının belirlenmesi
 - o Stok yönetimi
- Satış ve pazarlama yönetimi

- o Yeni müşteri kazanımı
 - o Fiyatlandırma seçenekleri
 - o Pazarlama faaliyetlerinin belirlenmesi
- Firmanın toplam stratejik değerinin belirlenmesi olarak sıralanabilir.

Bu bölümde, reel opsiyon kavramının gelişimi, diğer geleneksel değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırması yapılmış ve literatürde yer alan reel opsiyon yaklaşımını kullanan çalışmalar uygulama alanlarına göre sınıflandırılmıştır. Özetle RO yöntemi, yatırımların bünyesinde barındırdıkları belirsizliklerin klasik değerlendirme yöntemlerine göre daha iyi modellenmesine imkan tanıyan alternatif bir değerlendirme yöntemidir. Bununla beraber RO yöntemi, NŞD ve KA yöntemlerinin tamamen yerini alacak bir yöntem olarak değil, bu yöntemleri tamamlayıcı bir yaklaşım olarak görülmelidir. Bir sonraki bölümde reel opsiyonları değerlendirme teknikleri çözüm yöntemlerine göre sınıflandırılacak ve bu yöntemlerin hangi durumlarda kullanılmasının daha elverişli olduğu irdelenecektir.

4 OPSİYONLARI DEĞERLEME YÖNTEMLERİ

Bir opsiyonun değerini belirlemek için kullanılan yöntem ve araçlar daha önce mühendislik ve uygulamalı matematik alanlarında kullanılan çözüm yöntemlerini temel almaktadır. Bu noktada mevcut opsiyonların belirlenmesi ve bu opsiyonları değerlemede kullanılacak en uygun çözüm yönteminin ihtiyaçlar doğrultusunda belirlenmesi oldukça önem kazanmaktadır. Şekil 4.1, reel opsiyon değerlendirme yöntemini benimseyerek karar verme noktasındaki yöneticilere dört adımdan oluşan bir yol haritası sunmaktadır.



Şekil 4.1 : Reel Opsiyon Değerleme Yöntemi için Yol Haritası

Reel opsiyon değerlendirme yönteminde yapılacak ilk iş; ilgili yatırımın bünyesinde barındırdığı stratejik unsurları ve yönetsel esneklikleri yansıtmak adına mevcut

opsiyonların belirlenmesi ve ardından ilgili matematiksel modelin kurulmasıdır. Bu modelin çözülmesi noktasında en uygun çözüm yönteminin seçimi, kurulan modele ve ulaşılmak istenen hassasiyete göre yapılır. Değerleme modeli ve çözüm yönteminin şekillenmesinin ardından elde edilen reel opsiyon değerlendirme çerçevesinin gerçekleşmesi için bilgisayar ortamında ek geliştirmeler yapılır. Temel olarak tüm reel opsiyon değerlendirme yöntemleri aynı girdiler ve uygulama çerçevesinde, kullanılan yöntemin sunduğu nümerik hassasiyet dahilinde, yaklaşık sonuçları sunar. Dolayısıyla seçilen çözüm yöntemi elde edilecek sonuçları ve bu sonuçlara ulaşmak için geçen süreyi ve etkinliği mutlaka etkileyecektir. Bu noktada hangi çözüm yönteminin hangi tür ve kapsamdaki değerlendirme modellerinin çözümünde kullanılmasının daha uygun olduğu konusunda bilgi sahibi olunması reel opsiyon değerlendirme yönteminin uygulanmasına sürat ve etkinlik kazandıracaktır.

Bu bölümde literatürde mevcut çözüm yöntemleri ve bu yöntemlerin sunduğu avantaj ve dezavantajlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. İlerleyen bölümde sırasıyla, analitik çözüm yöntemleri, analitik yaklaşık çözüm yöntemleri ve son olarak da nümerik yöntemler anlatılacaktır.

4.1 Analitik Çözüm Yöntemleri

Bu çözüm yöntemi opsiyonun değerinin ve diğer dinamiklerin kısmi diferansiyel denklemler ve sınır koşulları aracılığıyla matematiksel olarak ifade edilmesini temel almaktadır. Kısmi diferansiyel denklemler, değerleri piyasada gözlenebilir olan finansal ürünler ile değeri sürekli olarak değişen bu ürünler üzerine yazılmış olan opsiyonun değeri arasındaki bağlantıyı kurmaktadır. Sınır koşullar ise opsiyonun değerinin önceden bilinen veya kullanım tarihi gibi bazı uç noktalarda alabileceği değerleri yansıtır.

Bir kısmi diferansiyel denklemin analitik çözümünün olması, opsiyon değerinin temel girdiler cinsinden ifade edilebilmesi durumunda mevcuttur. Analitik yöntemler bir opsiyonun değerinin elde edilmesinde en hızlı ve en etkin yöntemlerdir. Dolayısıyla, reel opsiyon değerlendirme yöntemi kullanılması durumunda öncelikli olarak ilgili problem için analitik bir çözümün varlığı araştırılmalıdır. Bu yöntemlerle ilgili geniş bir literatür olmakla beraber analitik yöntemler her durumda mevcut

değildir (Haug, 2006). Bu noktada ilerideki bölümlerde ele alınacak analitik yaklaşık yöntemler veya nümerik yöntemler uygulanmalıdır.

Black&Scholes modelinin kolay uygulanabilir olması analitik çözüm yöntemleri arasında yaygın bir kullanıma sahip olmasını sağlamıştır (Kulatilaka ve Amram, 1999). Bu model temel olarak Avrupa tipi alım opsiyonlarının değerlemesinde kullanılmakla beraber birçok analitik çözüm yöntemine de temel teşkil etmiştir.

4.1.1 Black ve Scholes Modeli

Opsiyonların değerlemesini ele alan çalışmaların uzunca bir tarihçesi olmasına karşın, konu ile ilgili en önemli ve devrim niteliğindeki gelişmeler 1973 yılında olmuştur. Bu tarihte Fischer Black ve Myron Scholes, Avrupa tipi opsiyonların değerlemesi için tamamlanmış ilk modeli ortaya koymuştur (Black ve Scholes, 1973). Aynı yıl Robert Merton, Black&Scholes tekniğini, sürekli temettü ödemelerini modellemek için gerekli düzeltmelerini ekleyerek geliştirmiştir.

Black&Scholes analitik çözümü, piyasada işlem gören hisse senedi fiyatlarının sürekli zamanlı Itô sürecini takip ettiğini varsaymaktadır. Dolayısıyla, Black&Scholes modelinin arkasındaki matematiği anlayabilmek için, bu modelin varsayımları arasında yer alan Itô sürecini incelemek gereklidir.

Itô süreci, Markov sürecinin sürekli zamanlı modelinin özel bir sınıfıdır. Itô süreci, aşağıdaki stokastik diferansiyel denklemin çözümü ile tanımlanabilir.

$$dP = f(P, t)dt + g(P, t)dz \quad (4.1)$$

Bu denklemde P , f ve g ; n boyutlu vektörleri, $z(t)$ ise n boyutlu standart normal rassal değişkenler vektörünü göstermektedir. $dz(t)$, Brownian hareket olarak adlandırılmıştır (Ross, 1997).

$F(P_1, \dots, P_n, t); \mathbb{R}^n \times [0, \infty)$ üzerine tanımlanmış bir fonksiyon olsun. Stokastik integral hesaplandığında, aşağıdaki denklem elde edilmektedir:

$$P_i(t) = P_i(0) + \int_0^t f_i(P, s)ds + \int_0^t g_i(P, s)dz_i \quad i = 1, \dots, n \quad (4.2)$$

Zamana bağılı rassal değişken $Y = F$ bir stokastik integraldir ve stokastik diferansiyel denklemi aşağıdaki gibi yazılır:

$$dY = \sum_1^n \frac{\partial F}{\partial P_i} dP_i + \frac{\partial F}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \sum_1^n \sum_1^n \frac{\partial^2 F}{\partial P_i \partial P_j} dP_i dP_j \quad (4.3)$$

Bu denklemde, diferansiyel terimlerin çarpımı $dP_i dP_j$, çarpım kanunu kullanılarak tanımlanmıştır.

$$dz_i dz_j = \rho_{ij} dt \quad i, j = 1, \dots, n \quad (4.4)$$

$$dz_i dt = 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (4.5)$$

Burada ρ_{ij} ; Wiener süreçleri dz_i ve dz_j arasındaki korelasyon katsayısıdır.

Bir önceki denklemler kullanılarak, dF aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$dF = \frac{\partial F}{\partial x} dx + \frac{\partial F}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} (dx)^2 \quad (4.6)$$

Burada Wiener süreci dz :

$$dz = \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad (4.7)$$

$$\varepsilon_t \in N(0,1) \quad (4.8)$$

Geometrik Brownian hareketi:

$$dx = \mu x dt + \sigma x dz \quad (4.9)$$

$$(dx)^2 = \mu^2 x^2 dt^2 + 2\mu\sigma x^2 dt dz + \sigma^2 x^2 dt \quad (4.10)$$

$$(dx)^2 = \sigma^2 x^2 dt \quad (4.11)$$

Sonuç olarak Itô önsavı aşağıdaki gibi yazılabilir (Dixit ve Pindyck, 1994):

$$dF = \frac{\partial F}{\partial x} dx + \frac{\partial F}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \sigma^2 x^2 dt \quad (4.12)$$

Black&Scholes modelinin bazı temel varsayımları bulunmaktadır (Mun, 2002):

- Opsiyonun ömrü boyunca kullanılacak faiz oranı belirli ve sabittir. Black&Scholes modeli bu faiz oranını risksiz faiz oranıyla ifade eder.
- Hisse senedinin getirisi lognormal dağılıma uymaktadır.
- Opsiyonun ömrü boyunca hisse senedi herhangi bir temettü vermemektedir. Birçok şirket hissedarlarına temettü dağıttığından bu durum model için bir sınırlama gibi görülebilir. Ancak bu durum modelin, gelecekteki temettü değerinin iskontolanmış şekli hisse değerinden çıkarılarak düzeltilmesi ile aşılabilmektedir.
- Opsiyon Avrupa tipi bir opsiyondur ve dolayısıyla sadece vade sonunda kullanılabilir.
- Etkin piyasa varsayımı geçerlidir. Bu varsayım piyasanın veya belirli bir hisse senedinin gidişatının sürekli olarak öngörülelemeyeceğini varsaymaktadır.
- Hisse senedi ya da opsiyonun alım ya da satım işlemlerine bağlı herhangi bir işlem maliyeti bulunmamaktadır.

Bu temel varsayımların altında, bir alım opsiyonunun fiyatı; hisse senedinin fiyatına, volatilitesine, opsiyonun kullanım fiyatına, vade sonuna kadar geçen zamana ve risksiz faiz oranına bağlıdır. Bu bilgiler ışığında, bir opsiyonun fiyatı aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$c = f(S, \sigma^2, X, T, r_f) \quad (4.13)$$

Burada:

c : alım opsiyonunun değeri,

S : hisse senedinin fiyatı,

σ : hisse senedinin volatilitesi,

X : kullanım fiyatı,

T : vade sonuna kadar geçen zaman,

r_f : risksiz faiz oranı

Risksiz portföyün değeri aşağıda gösterildiği gibi hesaplanabilir:

$$V_H = S \cdot Q_s + c \cdot Q_c \quad (4.14)$$

Burada:

V_H : risksiz portföyün değeri,

S : hisse senedinin fiyatı,

Q_s : hisse senedinin miktarı,

c : alım opsiyonunun fiyatı,

Q_c : alım opsiyonunun sayısı.

$$dV_H = Q_s \cdot dS + Q_c \cdot dc \quad (4.15)$$

Hisse senedi fiyatı değişimlerinin bir difüzyon süreci ya da Geometrik Brownian hareketi izlediğinden yola çıkılarak aşağıdaki denklemler yazılabilir:

$$\frac{dS}{S} = \mu \cdot dt + \sigma \cdot dz \quad (4.16)$$

Burada:

μ : sürüklenme parametresi (drift parameter),

dt : birim zaman aralığı,

σ : standart sapma,

dz : Wiener süreci artışı.

$$dS = \mu \cdot S \cdot dt + \sigma \cdot S \cdot dz \quad (4.17)$$

$$(dS)^2 = \mu^2 \cdot S^2 \cdot dt^2 + 2 \cdot \mu \cdot \sigma \cdot S^2 \cdot dt \cdot dz + \sigma^2 \cdot S^2 \cdot dz^2 \quad (4.18)$$

$$dz = \varepsilon_t \cdot \sqrt{dt} \quad (4.19)$$

Alt dönem sayısı n sonsuza giderken ve $\alpha > 0$

$$dt^{1+\alpha} \rightarrow 0$$

$$(dS)^2 = \sigma^2 \cdot S^2 \cdot dt \quad (4.20)$$

S değişkeninin bir difüzyon süreci izlediği varsayımını hesaba katarak ve Itô önsavını kullanarak opsiyon fiyatındaki değişim (dc); hisse senedinin fiyatındaki değişime ve zamana bağlı bir fonksiyon olarak yazılabilir:

$$\hat{c} = \frac{\partial c}{\partial S} dS + \frac{\partial c}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} (dS)^2 \quad (4.21)$$

Bir önceki denklemde $(dS)^2$ ifadesinin yerine $\sigma^2 \cdot S^2 dt$ ifadesi yazıldığında,

$$\hat{c} = \frac{\partial c}{\partial S} dS + \frac{\partial c}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 dt \quad (4.22)$$

(4.15) denklemindeki dc değeri, dV ifadesi içinde kullanıldığında,

$$dV_H = Q_S \cdot dS + Q_c \cdot \left[\hat{c} = \frac{\partial c}{\partial S} dS + \frac{\partial c}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 dt \right] \quad (4.23)$$

Burada tek rassal değişken c 'dir. Yukarıdaki ifadede, Q_c sıfıra eşit olarak seçilirse, portföy değerinin değişimi kaçınılmaz olur ve portföy risksiz olur. Bunu yapabilmek için Q_c 'yi, (4.25) denkleminde gösterildiği gibi almak yeterlidir. Black&Scholes'ün varsayımlarına göre:

$$Q_S = 1 \quad (4.24)$$

$$Q_c = \frac{-1}{\hat{c}/\partial S} \quad (4.25)$$

$$dV_H = V_H \cdot r_f \cdot dt \quad (4.26)$$

Black & Scholes'ün varsayımları dV_H ifadesi içinde kullanıldığında:

$$dV_H = 1 \cdot dS - \frac{1}{\partial c / \partial S} \left[\frac{\partial c}{\partial S} dS + \frac{\partial c}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 dt \right] \quad (4.27)$$

$$V_H \cdot r_s \cdot dt = dS - dS - \frac{\partial S}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial t} dt - \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial c} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 dt \quad (4.28)$$

$$V_H \cdot r_s = - \frac{\partial S}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial t} - \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial c} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \quad (4.29)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -V_H \cdot r_f \cdot \frac{\partial c}{\partial S} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \quad (4.30)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \left[S - c \frac{\partial S}{\partial c} \right] r_f \left[- \frac{\partial c}{\partial S} \right] - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \quad (4.31)$$

Stokastik olmayan terim elendiğinde:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = c \cdot r_f - S \cdot r_f \frac{\partial c}{\partial S} - \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \quad (4.32)$$

Alım opsiyonunun değeri için geçerli sınır koşulları kullanılarak:

$$c = \max(0, S - X) \quad (4.33)$$

$$c[S = 0, T, X] = 0 \quad (4.34)$$

ve fonksiyon değişimleri kullanılarak aşağıdaki denklem elde edilir.

$$c = S \cdot N \left(\frac{\ln(S/X) + \left[r_f + (\sigma^2/2) T \right]}{\sigma \sqrt{T}} \right) - e^{-r_f T} X \cdot N \left(\frac{\ln(S/X) + \left[r_f - (\sigma^2/2) T \right]}{\sigma \sqrt{T}} \right)$$

veya

$$c = S \cdot N(d_1) - e^{-r_f T} X \cdot N(d_2) \quad (4.35)$$

Burada:

$N(\cdot)$: birikimli normal dağılım fonksiyonu

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + \left[r_f + \left(\sigma^2/2 \right) T \right]}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

Black&Scholes modeli, bir opsiyonun değerinin daha önceden irdelenmiş olan beş elemana ne şekilde bağlı olduğunu ve bunların aralarındaki ilişkiyi matematiksel bir denklem ile göstermektedir.

Modelin ilk terimi olan $S \cdot N(d_1)$; üzerine opsiyon yazılan finansal ürünün beklenen getirisini ifade ederken, modelin ikinci terimi olan $e^{-r_f T} X \cdot N(d_2)$ ise yatırım maliyetinin şimdiki değerini ifade etmektedir. Ayrıca model σ ve T parametrelerindeki artışın opsiyonun değerini de arttıracakını ortaya koymaktadır (Kulatilaka ve Amram, 1999).

Sonuç olarak Black&Scholes analitik çözüm yöntemi; hızlı, etkin ve kullanımı kolay bir denklem sunmakta ve bu yönüyle yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Ayrıca, Black&Scholes yönteminin çeşitli uyarlamaları, Black yaklaşımı gibi birçok çözüm modeline temel teşkil etmektedir (Benaroch ve Kauffman, 2000). Ancak maliyetler karmaşık olduğunda ya da erken kullanım ihtimalleri olduğunda, analitik çözümleri bulmak zorlaşır. Bu gibi durumları aşmak için analitik yaklaşımlar ve nümerik prosedürlerden faydalanılabilir. Bir sonraki bölümde, analitik yaklaşımlar üzerinde durulacaktır.

4.2 Analitik Yaklaşık Çözüm Yöntemleri

Literatürde reel opsiyon değerlendirme modeli için birçok analitik çözüm yöntemi mevcuttur (Haug, 2006). Ancak bazı problemler için bazı durumlarda uygun analitik çözüm bulunamaktadır, böyle durumlarda modifiye edilmiş analitik çözümler, bir başka deyişle analitik yaklaşık çözümler kullanılabilirler. Bu yaklaşımlarda, analitik çözümü olmayan kısmi diferansiyel denklemlere ek kısıt ve varsayımların eklenmesiyle yaklaşık çözümlerin bulunması temel alınır. Literatürde bazı Amerikan tipi opsiyonların değerlemesinde kullanılan bir dizi analitik yaklaşık çözüm yöntemi

önerilmiştir (Hull, 2002). Bunlar arasında en bilineni Geske ve Johnson (1984) ve Barone-Adesi ve Whaley (1987) tarafından önerilen analitik çözüm yaklaşımlarıdır.

4.2.1 Geske ve Jonhson Modeli

Geske-Johnson yaklaşımı, Amerikan tipi bir değişim opsiyonunun bir dizi sahte-Amerikan değişim opsiyonu (pseudo-American exchange option) cinsinden ifadesini temel almaktadır. Sahte-Amerikan opsiyonları kullanıcısına bir dizi kesikli noktada kullanım hakkı sunan opsiyonlar olarak tanımlanabilir. Bu kesikli kullanım noktalarının sayısı artırıldığında sahte-Amerikan opsiyonlarının değeri, gerçek Amerikan opsiyonlarının değerine eşit olur. Fakat kullanım noktalarının sayısının artması beraberinde oldukça yüksek bir hesaplama maliyeti getirmekte ve modelin kullanım pratikliğini ortadan kaldırmaktadır. Geske ve Johnson (1984), Amerikan tipi değişim opsiyonun değerini hesaplamada gereken hassasiyete oldukça az sayıda kullanım noktası kullanarak ve sonrasında bu değerlerin ekstrapolasyonunu yaparak ulaşmıştır. Böylelikle herhangi bir anda kullanım hakkı sunan gerçek Amerikan tipi opsiyonların değerinin etkin bir şekilde hesaplanması mümkün olmuştur.

Geske-Johnson yaklaşımı, McDonald ve Siegel (1985) tarafından geliştirilen, Avrupa tipi değişim opsiyonun değerlemesinde kullanılan modeli temel almaktadır. Avrupa tipi değişim opsiyonu, bir D varlığının, T anında bir başka V varlığına değişimi olarak tanımlanmıştır. İtfa tarihi, T anında, bir Avrupa tipi opsiyonun getirisi $\max(0, V_T - D_T)$ ifadesine eşittir. V_T ve D_T ifadeleri opsiyona konu olan varlıkların itfa tarihindeki fiyatlarını göstermektedir. V ve D varlıklarının fiyatlarının, opsiyonun ömrü boyunca, geometrik Brownian hareketi takip ettikleri varsayılmaktadır.

Geske-Johnson yaklaşımının ilk adımı, itfa tarihine kalan τ süresini, n adet eşit uzunlukta dilime bölmektir. Burada, aşağıdaki notasyon kullanılmaktadır:

t : Değerlemenin yapıldığı tarih,

T : Opsiyonun itfa tarihi,

τ : İtfa tarihine kalan süre ($\tau \equiv (T - t)$).

$E_n(\tau)$ ise iftasına τ birim süre kalan sahte-Amerikan opsiyonunu temsil etmektedir. "n" ise, itfa tarihine kadar tanımlanmış bu aralıkta opsiyonun kullanılabileceği nokta sayısını göstermektedir. Dolayısıyla, $E_1(\tau)$, McDonald ve Siegel (1985) tarafından geliştirilen, Avrupa tipi değişim opsiyonun değerine eşittir.

$$e(V, D, \tau) = Ve^{-\delta_v \tau} N_1(d_1(Pe^{-\delta \tau}, \sigma^2 \tau)) - De^{-\delta_d \tau} N_1(d_2(Pe^{-\delta \tau}, \sigma^2 \tau)) \quad (4.36)$$

Burada:

$$N_1(d) = \int_0^d \frac{e^{-z^2/2}}{\sqrt{2\pi}} dz : \text{Tek değişkenli standart normal dağılım}$$

$$P : V \text{ ifadesinin } D \text{ ifadesine oranı } (P \equiv \frac{V}{D}),$$

$$d_1(Pe^{-\delta \tau}, \sigma^2 \tau) \equiv \frac{\ln(Pe^{-\delta \tau}) + \sigma^2 \tau / 2}{\sigma \sqrt{\tau}}$$

$$d_2(Pe^{-\delta \tau}, \sigma^2 \tau) \equiv d_1(Pe^{-\delta \tau}, \sigma^2 \tau) - \sigma \sqrt{\tau}$$

$$\delta : V \text{ ve } D \text{ 'nin temettü oranları arasındaki fark } (\delta \equiv \delta_v - \delta_d),$$

$$\sigma^2 : \frac{dP}{P} \text{ ifadesinin varyansı } (\sigma^2 \equiv \sigma_v^2 + \sigma_d^2 - 2\sigma_{vd}).$$

$E_2(\tau)$ ise sadece $\frac{T}{2}$ ve T noktalarında kullanılabilen sahte-Amerikan opsiyonunun değerini temsil etmektedir. Bu opsiyon, itfa tarihinin orta noktasında, opsiyonu kullanmanın getirisi, kullanım maliyetini geçmedikçe kullanılmayacaktır. Bir başka deyişle, eğer $\Delta t = \frac{\tau}{2}$ anında, aşağıdaki ifade sağlanmazsa opsiyon kullanılmaz.

$$Ve^{-\delta_v \Delta t} N_1(d_1(Pe^{-\delta \Delta t})) - De^{-\delta_d \Delta t} N_1(d_2(Pe^{-\delta \Delta t})) > V - D \quad (4.37)$$

Bu ifade, eşitsizliğin her iki tarafı D varlığının değerine bölünerek ve $P \equiv \frac{V}{D}$ ifadesi kullanılarak sadeleştirilebilir (Carr, 1988).

$$Pe^{-\delta_v \Delta t} N_1(d_1(Pe^{-\delta \Delta t})) - e^{-\delta_d \Delta t} N_1(d_2(Pe^{-\delta \Delta t})) > P - 1 \quad (4.38)$$

P^* değeri önceki ifadede eşitliği sağlayan kritik P değeri olarak tanımlanır ve bu kritik değerın altındaki P değerleri için opsiyon kullanılmaz. Bu kritik değerin de yardımıyla, sadece $\frac{T}{2}$ ve T noktalarında kullanılabilen $E_2(\tau)$ sahte-Amerikan opsiyonunun değeri aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$E_2(\tau) = V \left[e^{-\delta_v \Delta t} N_1 \left(d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P^*} \right) \right) + e^{-\delta_v T} N_2 \left(-d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P^*} \right), d_1(Pe^{-\delta T}); -\sqrt{\frac{1}{2}} \right) \right] \\ - D \left[e^{-\delta_d \Delta t} N_1 \left(d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P^*} \right) \right) + e^{-\delta_d T} N_2 \left(-d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P^*} \right), d_2(Pe^{-\delta T}); -\sqrt{\frac{1}{2}} \right) \right] \quad (4.39)$$

Burada:

$N_2(\cdot)$: İki değişkenli standart normal dağılımı temsil etmekte ve parantez içindeki üçüncü ifade ise korelasyon katsayısını göstermektedir.

McDonald ve Siegel (1985) tarafından önerilen ifadeden türetilen sınır koşulları ve tümevarım yöntemi kullanılarak, opsiyonun tam değerini veren aşağıdaki genelleştirilmiş ifade elde edilir (Karsak ve Özoğul, 2002).

$$E_n = V\omega_v - D\omega_d \quad (4.40)$$

Burada, ω_v ve ω_d ifadeleri aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\omega_v \equiv e^{-\delta_v \Delta t} N_1 \left(d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P_1^*} \right) \right) \\ + e^{-\delta_v 2\Delta t} N_2 \left(-d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P_1^*} \right), d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta 2\Delta t}}{P_2^*} \right); -\sqrt{\frac{1}{2}} \right) \\ + e^{-\delta_v 3\Delta t} N_3 \left(-d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P_1^*} \right), -d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta 2\Delta t}}{P_2^*} \right), d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta 3\Delta t}}{P_3^*} \right); \left\{ \sqrt{\frac{i}{j}} \right\} \right) \\ + \dots + e^{-\delta_v \tau} N_n \left(-d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P_1^*} \right), \dots, -d_1 \left(\frac{Pe^{-\delta (n-1)\Delta t}}{P_{n-1}^*} \right), d_1(Pe^{-\delta \tau}); \left\{ \sqrt{\frac{i}{j}} \right\} \right) \quad (4.40a)$$

$$\begin{aligned}
\omega_d \equiv & e^{-\delta_d \Delta t} N_1 \left(d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P_1^*} \right) \right) \\
& + e^{-\delta_d 2 \Delta t} N_2 \left(-d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P_1^*} \right), d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta 2 \Delta t}}{P_2^*} \right); -\sqrt{\frac{1}{2}} \right) \\
& + e^{-\delta_d 3 \Delta t} N_3 \left(-d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P_1^*} \right), -d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta 2 \Delta t}}{P_2^*} \right), d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta 3 \Delta t}}{P_3^*} \right); \left\{ \sqrt{\frac{i}{j}} \right\} \right) \\
& + \dots + e^{-\delta_d \tau} N_n \left(-d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta \Delta t}}{P_1^*} \right), \dots, -d_2 \left(\frac{Pe^{-\delta (n-1) \Delta t}}{P_{n-1}^*} \right), d_2 (Pe^{-\delta \tau}); \left\{ \sqrt{\frac{i}{j}} \right\} \right)
\end{aligned} \tag{4.40b}$$

Bu ifadede, $\Delta t = \frac{\tau}{n}$, $N_n(\cdot)$ çok değişkenli standart normal dağılım fonksiyonu ve

$\left\{ \sqrt{\frac{i}{j}} \right\}$ de bu dağılıma ait korelasyon matrisidir. P_k^* ise P değişkeninin $k \Delta t$, $k = 1, \dots, n-1$ anlarındaki kritik değerini gösterir.

$E_1, E_2, E_3, \dots$ değerlerinin limiti gerçek-Amerikan tipi değişim opsiyonunun değerini tam olarak veren bir seriyi oluşturur. Fakat n değeri arttıkça bu ifadelerin hesaplanması oldukça güçleşmektedir. Bu duruma sebep, E_n değerinin elde edilmesinde kullanılan $N_n(\cdot)$ çok değişkenli normal dağılım fonksiyonunun hesaplanmasında karşılaşılan zorluktur.

Bu durumda E_n değerinin yaklaşık olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu amaçla E_n üzerinde üç nokta kullanan Richardson ekstrapolasyonu kullanılarak ve göreceli olarak küçük bir hata payıyla E_n değeri yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$E_n \cong E_3 + \frac{7}{2}(E_3 - E_2) - \frac{1}{2}(E_2 - E_1) \tag{4.41}$$

Amerikan tipi değişim opsiyonlarının değerinin hesaplanmasını sağlayan bu çözüm modeli, araştırmacıların çeşitli eserlerine konu olmuştur. Özellikle, reel opsiyon yaklaşımı; imalat sürecindeki genişleme esnekliğinin ekonomik değerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmalarda, aşamalı bir imalat yatırımındaki genişleme esnekliğinin değerlendirilmesi esnasında, ilk yatırım; bir riskli varlığı bir başka riskli varlıkla belli bir zaman sürecinde değiştirme opsiyonu satın almaya eş

görülmüş ve Geske-Johnson analitik yaklaşımıyla çözüme ulaşılmıştır (Karsak ve Özoğul, 2002 ve 2005).

Bu bölümde, analitik yaklaşımların en bilinenlerinden olan, Geske ve Johnson (1984) modelinden bahsedilmiştir. Bir sonraki bölümde, bir diğer yaygın uygulama alanı bulan ilk olarak MacMillan (1986) tarafından önerilmiş ve Barone-Adesi ve Whaley (1987) tarafından genişletilmiş olan kuadratik yaklaşım incelenecektir.

4.2.2 Barone-Adesi ve Whaley Modeli

Barone-Adesi ve Whaley modeli; hisse senetleri, endeks ve dövizler üzerine yazılmış Amerikan tipi alım ya da satım opsiyonlarının değerlemesi için kullanılabilir. Model, Avrupa tipi opsiyonun fiyatı ile Amerikan tipi opsiyonun fiyatı arasındaki farkı (v) tahmin etme üzerine kurulmuştur. Avrupa tipi ve Amerikan tipi opsiyonun her ikisi de aynı diferansiyel denklemi sağladığı için, v de denklemi sağlamak zorundadır. Barone-Adesi ve Whaley (1987), bu ek koşullar ışığında, denklemin standart yöntemlerle çözülebildiğini göstermişlerdir.

Temel olarak model; q getiri oranı ile sürekli temettü veren bir hisse senedi üzerine yazılmış Amerikan tipi opsiyonların değerlemesi için bir yaklaşım sunmaktadır.

Modelde, Amerikan tipi opsiyonun fiyatı ile Avrupa tipi opsiyonun fiyatı arasındaki fark v olarak tanımlanmıştır. Hem Amerikan, hem de Avrupa tipi opsiyonun fiyatı Black&Scholes'ün diferansiyel denklemini sağladığından, v değişkeni de aynı şekilde bu diferansiyel denklemi sağlamak zorundadır. Dolayısıyla:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (r - q)S \frac{\partial v}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 v}{\partial S^2} = rv \quad (4.42)$$

Aşağıdaki tanımlamalar kullanılarak:

$$\tau = T - t$$

$$h(\tau) = 1 - e^{-r\tau}$$

$$\alpha = \frac{2r}{\sigma^2} \quad (4.43)$$

$$\beta = \frac{2(r - q)}{\sigma^2}$$

Denklem aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$v = h(\tau)g(S, h) \quad (4.44)$$

Gereken değişken dönüşümleri yapıldıktan sonra, aşağıdaki denklem elde edilir:

$$S^2 \frac{\partial^2 g}{\partial S^2} + \beta S \frac{\partial g}{\partial S} - \frac{\alpha}{h} g - (1-h) \alpha \frac{\partial g}{\partial h} = 0 \quad (4.45)$$

Kullanılan yaklaşım, denklemin sol tarafındaki son terimi sıfıra eşit hale getirir. Bu durumda elde edilen denklem aşağıdaki gibi olur:

$$S^2 \frac{\partial^2 g}{\partial S^2} + \beta S \frac{\partial g}{\partial S} - \frac{\alpha}{h} g = 0 \quad (4.46)$$

Denklemde, ihmal edilebilir terim genellikle oldukça küçüktür. Ayrıca τ ifadesi büyüdüğü zaman, $1-h$ sıfıra yaklaşır; τ küçük olduğu zaman, $\frac{\partial g}{\partial h}$ sıfıra yakındır.

Aşağıda, Amerikan tipi alım ve satım opsiyonları $C(S)$ ve $P(S)$ ile gösterilmiştir ve burada S hisse senedinin fiyatıdır. Avrupa tipi alım ve satım opsiyonları ise $c(S)$ ve $p(S)$ ile gösterilmiştir. Burada da S hisse senedinin fiyatını göstermektedir.

Denklem (4.46)'ın çözümüne ilgili sınır koşulları uygulandığı zaman, Amerikan tipi bir alım opsiyonunun değeri için elde edilen denklem aşağıdaki gibi olur:

$$C(S) = \begin{cases} c(S) + A_2 \left(\frac{S}{S^*} \right)^{\gamma_2} & S < S^* \\ S - X & S \geq S^* \end{cases} \quad (4.47)$$

S^* değeri; hisse senedi fiyatının bu değerin altına düştüğünde opsiyonun kullanılmasını zorunlu kılan, hisse senedinin ulaşabileceği kritik fiyatı göstermektedir. Bu değer, aşağıdaki denklem iteratif olarak çözümlendiğinde kolayca bulunabilir:

$$S^* - X = c(S^*) + \left\{ 1 - e^{-q(T-t)} N(d_1(S^*)) \right\} \frac{S^*}{\gamma_2} \quad (4.48)$$

Yukarıda kullanılan gösterimler ışığında, Amerikan tipi bir satım opsiyonu için, değerlendirme formülü aşağıdaki gibi elde edilir:

$$P(S) = \begin{cases} p(S) + A_1 \left(\frac{S}{S^{**}} \right)^{\gamma_1} & S > S^{**} \\ S - X & S \leq S^{**} \end{cases} \quad (4.49)$$

S^{**} değeri; hisse senedi fiyatının bu değerin üzerine çıktığında opsiyonun kullanılmasını zorunlu kılan, hisse senedinin ulaşabileceği kritik fiyatı göstermektedir. Bu değer, aşağıdaki denklem iteratif olarak çözümlendiğinde kolayca elde edilebilir:

$$X - S^{**} = p(S^{**}) - \left\{ 1 - e^{-q(T-t)} N(-d_1(S^{**})) \right\} \frac{S^{**}}{\gamma_1} \quad (4.50)$$

Kullanılan diğer değişkenler aşağıda listelenmiştir:

$$\gamma_1 = \left[-(\beta - 1) - \sqrt{(\beta - 1)^2 + 4\alpha/h} \right] / 2 \quad (4.51)$$

$$\gamma_2 = \left[-(\beta - 1) + \sqrt{(\beta - 1)^2 + 4\alpha/h} \right] / 2 \quad (4.52)$$

$$A_1 = - \left(\frac{S^{**}}{\gamma_1} \right) \left\{ 1 - e^{-q(T-t)} N(-d_1(S^{**})) \right\} \quad (4.53)$$

$$A_2 = - \left(\frac{S^*}{\gamma_1} \right) \left\{ 1 - e^{-q(T-t)} N(d_1(S^*)) \right\} \quad (4.54)$$

$$d_1(S) = \frac{\ln(S/X) + (r - q + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (4.55)$$

Bir sonraki bölümde, opsiyonların değerlemesinde farklı açılım ve modelleme esneklikleri sunan nümerik prosedürler anlatılacak ve diğer yöntemlere göre avantaj ve dezavantajları detaylandırılacaktır.

4.3 Nümerik Yöntemler

Bu bölümde, opsiyonların değerlemesinde, analitik ve analitik yaklaşık çözümlerin mevcut olmadığı zaman kullanılabilecek üç temel nümerik prosedür tanıtılacaktır (Hull, 2002). Bu prosedürlerden biri, simülasyon yöntemidir. Simülasyon yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan Monte Carlo simülasyonu, optimum yatırım kararını vermek için binlerce olası değerlendirme yolunun incelenmesini temel alır. Diğer iki prosedür ise binom ağaçları yöntemi ve sonlu farklar yöntemidir. Bu yöntemler Monte Carlo Simülasyonunun kullanımının uygun olmadığı Amerikan tipi opsiyonların değerlemesi gibi durumlarda kullanılabilir.

4.3.1 Binom Ağaçları Yöntemi

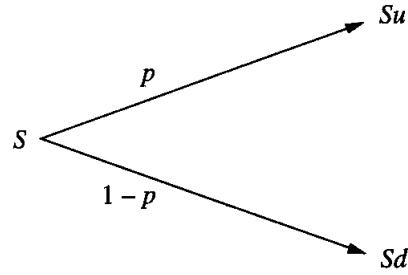
Binom ağaçları yöntemi, değerlendirme yapılacak finansal varlığın fiyat değişimlerinin bir dizi binom hareketiyle ifade edilebileceği varsayımını temel almaktadır. Bir başka deyişle, binom ağaçları yöntemi, konu edilen finansal varlığın bir dönemin başındaki fiyatının bilinmesi durumunda, bir sonraki döneme ait fiyatının ancak olası iki değerden biri olabileceğini öngörmektedir. İlk olarak Cox, Ross ve Rubinstein (1979) tarafından ortaya konulan binom ağaçları yaklaşımı kullanım kolaylığı ve hesaplama etkinliğinden dolayı nümerik prosedürler arasında oldukça tercih edilen bir konumdadır. Bu bölümde binom ağaçlarının işleyişi ve temel parametrelerinin hesaplanması ele alınacaktır.

Binom ağaçları yaklaşımı risk-nötr değerlendirme ilkesini temel almaktadır (Cox ve Rubinstein, 1985). Risk-nötr değerlendirme ilkesi, bir opsiyonun değerlemesinin risk-nötr bir dünyada yapılacağı varsayımını sunmaktadır. Değerlemeyi gerçekleştirebilmek için aşağıdaki varsayımlar yapılabilir:

- Piyasada işlem gören tüm finansal araçların beklenen getirisi, risksiz getiri oranına eşittir.
- Gelecekte oluşacak tüm nakit akışlarının değerlendirilmesi, bu akışların beklenen değerlerinin risksiz getiri oranı ile iskontolanarak yapılır.

Temettü dağıtmayan bir hisse senedi üzerine yazılmış bir opsiyonun değerlendirilmesi için, önce opsiyonun ömrünü Δt uzunluğunda küçük zaman aralıklarına bölelim. Her

zaman aralığında, hisse senedi fiyatının; S ilk değerinden, Su ve Sd değerlerine ilerlediğini varsayalım. Bu model Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Genellikle, $u > 1$ ve $d < 1$ ’dir. S ’den Su ’ya geçiş hareketi bir ‘yukarıya doğru’ harekettir, S ’den Sd ’ye geçiş hareketi ise bir ‘aşağıya doğru’ harekettir. Yukarıya doğru bir hareketin olasılığı p ile gösterilir, dolayısıyla aşağıya doğru hareketin olasılığı $1 - p$ ile gösterilir.



Şekil 4.2 : Binom Modeline Göre Hisse Senedi Fiyatı Hareketleri

p , u ve d parametreleri, Δt uzunluğunda zaman aralıkları boyunca hisse senedi fiyatındaki değişimlerin varyansını ve ortalama değerini vermektedir. Hesaplamaların risk-nötr bir dünyada yapıldığı varsayıldığından, hisse senedinin beklenen getirisi, risksiz faiz oranı r ile hesaplanır. Buradan yola çıkarak, Δt uzunluğundaki zaman aralığının sonundaki hisse senedi fiyatının beklenen değeri $Se^{r\Delta t}$ olarak hesaplanabilir, burada S zaman aralığının başındaki hisse senedi fiyatını göstermektedir. O halde:

$$Se^{r\Delta t} = pSu + (1 - p)Sd \quad (4.56)$$

veya

$$e^{r\Delta t} = pu + (1 - p)d \quad (4.56a)$$

Hisse senedi fiyatı değişiminin Δt zaman aralığındaki varyansı, $\sigma^2 \Delta t$ ’dir. Bir Q değişkeninin varyansı, $E(Q^2) - [E(Q)]^2$ şeklinde ifade edildiğine göre (bu ifadede E beklenen değeri göstermektedir), aşağıdaki denklem elde edilebilir:

$$pu^2 + (1 - p)d^2 - [pu + (1 - p)d]^2 = \sigma^2 \Delta t \quad (4.57)$$

(4.56) denkleminde elde edilen p değeri kullanıldığında;

$$e^{r\Delta t}(u+d) - ud - e^{2r\Delta t} = \sigma^2 \Delta t \quad (4.58)$$

(4.56) ve (4.58) denklemleri, p , u ve d parametreleri için iki şart ortaya koymaktadır. Üçüncü şart ise; Cox, Ross ve Rubinstein (1979) tarafından kullanılmış olan $u = 1/d$ ifadesidir.

Bu üç şart, aşağıdaki sonuçları ortaya koymaktadır:

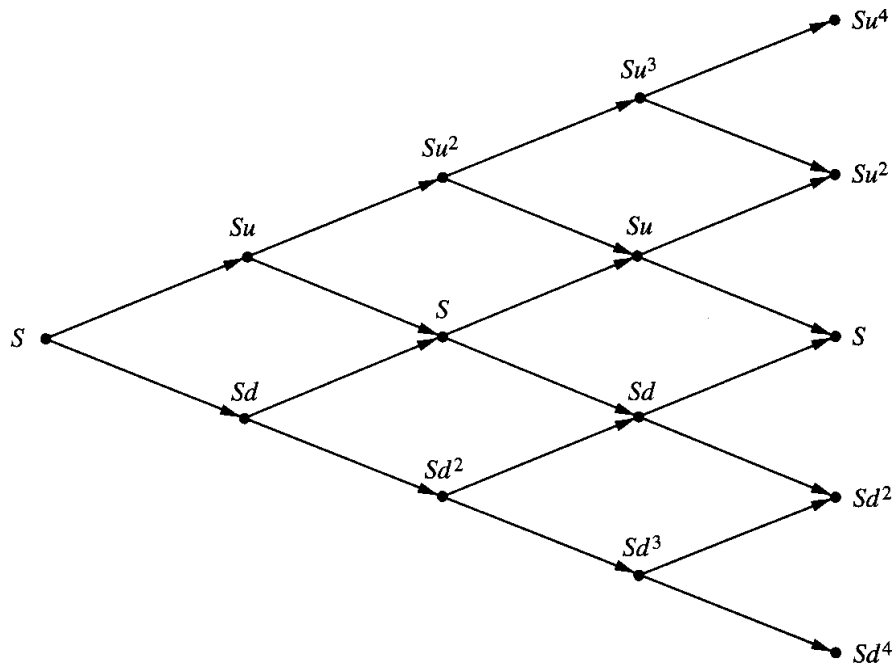
$$p = \frac{a - d}{u - d} \quad (4.59)$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (4.60)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (4.61)$$

Burada,

$$a = e^{r\Delta t}$$

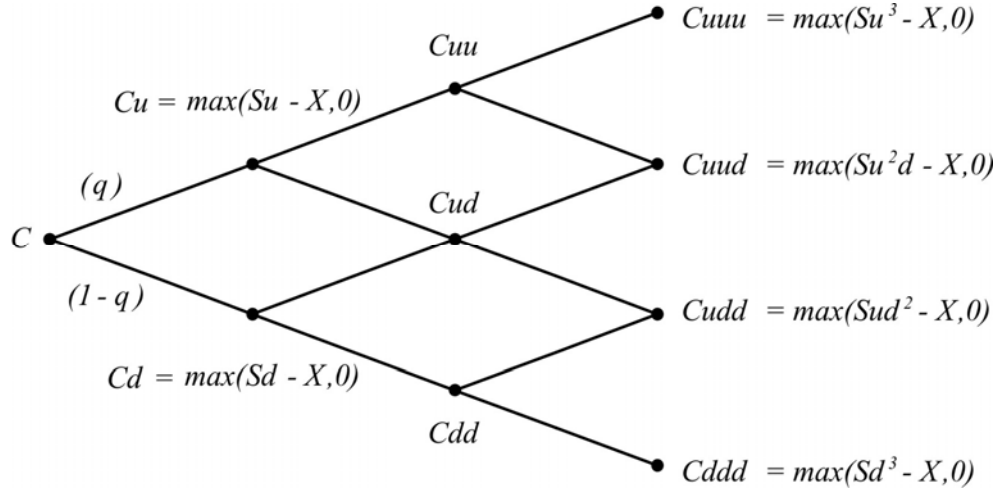


Şekil 4.3 : Binom Ağacı Yaklaşımının İşleyişi

Binom modeli kullanılarak oluşturulmuş hisse senedi fiyatlarını gösteren ağaç, Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Şekilde, başlangıç anındaki hisse senedinin fiyatı S ile gösterilmiştir. Δt anında, hisse senedinin Su ve Sd olarak ifade edilen iki olası fiyatı

bulunmaktadır. $2\Delta t$ anında ise, hisse senedinin Su^2 , S ve Sd^2 ile ifade edilen olası üç fiyatı vardır. Genellemeye gidildiğinde, $i\Delta t$ anında, $i+1$ hisse senedi fiyatı $Su^j d^{i-j}$ ($j = 0, 1, \dots, i$) şeklinde ifade edilebilir.

Şekil 4.3'te dikkat edilmesi gereken nokta, gösterilen ağacın her düğümündeki hisse senedi fiyatını hesaplamak için $u = 1 / d$ ilişkisinin kullanılmasıdır; örnek olarak $Su^2 d = Su$. İkinci dikkat edilmesi gereken nokta ise, bir yukarıya doğru hareketi takip eden aşağıya doğru hareketteki hisse senedi fiyatı ile, bir aşağıya doğru hareketi takip eden yukarı doğru hareketteki hisse senedi fiyatının aynı olmasıdır. Bu olay ağaç üzerindeki düğüm sayısının azalmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.4 : Binom Modelinde Alım Opsiyonu Değerlemesi

Binom modelinde opsiyon değerlendirme yapılırken ağaç; en sondan (T anından) başlayarak, geriye doğru taranarak çalışılır. Opsiyonun T anındaki değeri bilinmektedir. Örnek olarak, bir satım opsiyonunun değeri $\max(X - S_T, 0)$, bir alım opsiyonun maksimum değeri ise $\max(S_T - X, 0)$ olsun, burada S_T hisse senedinin T anındaki fiyatı, X ise kullanım fiyatı olsun. Risk-nötr bir ortamda bulunduğu varsayımı ile, $T - \Delta t$ anında her düğümdeki değer; bir Δt zaman aralığı için, T anında, r faiz oranı ile iskontalanmış beklenen değer ile hesaplanabilir. Aynı şekilde, $T - 2\Delta t$ anındaki her düğümdeki değer; bir Δt zaman aralığı için, T anında, r faiz oranı ile iskontalanmış beklenen değer ile hesaplanabilir. Eğer opsiyon Amerikan tipi bir opsiyon ise, opsiyonu bir Δt zaman aralığı daha elde tutmaya karşı erken kullanım tercihi, her düğüm için kontrol edilmelidir. Sonuçta, ağaç boyunca tüm düğümlerden geriye doğru giderek, başlangıç anındaki opsiyonun değeri elde edilmiş

olur. Şekil 4.4'te üç dönem için işleyişi gösterilen model çok dönemli bir hale kolayca genişletilebilir. Bu amaçla opsiyonun sona ermesine kadarki süre T , n adet alt döneme bölünür.

Bu bölünme sonrasında oluşan n adet alt dönemin uzunluğu olan ∂t ifadesi ise aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\partial t = \frac{T}{n} \quad (4.62)$$

Ağaç boyunca geriye doğru giderek, bir alım opsiyonu için n dönemlik genelleştirilmiş binom değerlendirme denklemi elde edilir (Smit ve Trigeorgis 2004).

$$C = \sum_{j=0}^n \{n! / j!(n-j)!\} p^j (1-p)^{n-j} \max(u^j d^{n-j} S - X, 0) / (1+r)^n \quad (4.63)$$

Denklemin ilk bölümü $\{n! / j!(n-j)!\} p^j (1-p)^{n-j}$ binom dağılımı formülüdür ve hisse senedi fiyatı S 'nin, p ve q olasılıkla, j adet artış yapma olasılığını vermektedir. Denklemin son bölümü $\max(u^j d^{n-j} S - X, 0)$ ise; X kullanım fiyatına sahip, j adet oransal olarak u birimlik artış ve $n-j$ kadar d birimlik azalma yapan alım opsiyonunun değerini yansıtmaktadır. Tüm bu terimlerin toplamı ise opsiyonun beklenen değerini vermektedir.

Binom opsiyon değerlendirme formülü aşağıdaki gibi de yazılabilir:

$$C = S\Phi[m; n; p'] - X / (1+r)^n \Phi[m; n; p] \quad (4.64)$$

Burada,

$$\Phi[m; n; p] = \sum_{j=m}^n \{n! / j!(n-j)!\} p^j (1-p)^{n-j}$$

$$p' \equiv [u / (1+r)] p$$

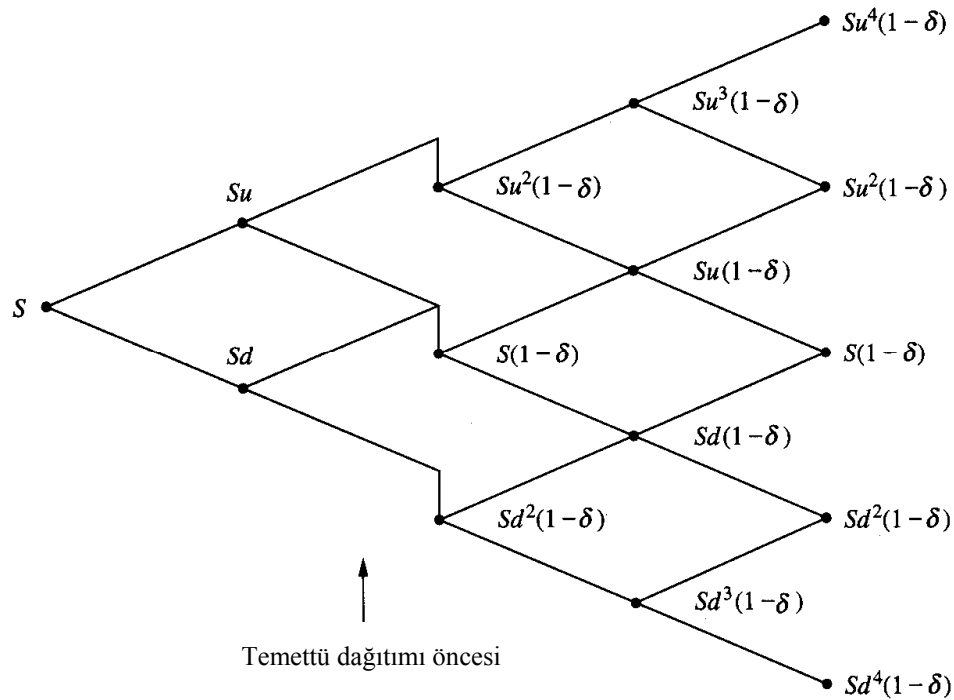
Cox, Ross ve Rubinstein (1979), $n \rightarrow \infty$, $\Phi[m; n; p'] \rightarrow N(x)$ ifadesi dolayısıyla binom denkleminin sürekli zamanlı Black&Scholes modeline yakınsadığını göstermiştir.

$n \rightarrow \infty$ durumunda ise $\partial t \rightarrow 0$ ifadesi gerçekleşecek ve opsiyonun tam değeri hesaplanacaktır. Pratikte $n = 30$ alınması durumunda model kabul edilebilir oranda kesin sonuca yakınsamaktadır (Hull, 2002).

4.3.1.1 Temettü Dağıtan Hisse Senetleri için Binom Modeli

Bu bölümde, binom ağacı modelinin temettü dağıtan hisse senetlerini değerlemek için nasıl kullanılabileceği anlatılmaktadır. Verilen ağaç örneğinde sadece tek bir temettü ödemesi olduğu ve bu temettü ödemesinin hisse senedi fiyatının $\% \delta$ 'si kadar olduğu varsayılmaktadır (Şekil 4.5). Eğer $i \Delta t$ anı hisse senedinin bir önceki temettü zamanından önce ise, ağacın düğümleri hisse senedinin $Su^j d^{i-j}$ ($j = 0, 1, \dots, i$) şeklinde gösterilen fiyatına karşı gelmektedir.

Buradaki u ve d , (4.60) ve (4.61) denklemlerinde tanımlanmıştır. Eğer $i \Delta t$ anı hisse senedinin bir önceki temettü zamanından sonra ise, ağacın düğümleri hisse senedinin $S(1-\delta)u^j d^{i-j}$ ($j = 0, 1, \dots, i$) şeklinde gösterilen fiyatına karşı gelmektedir.



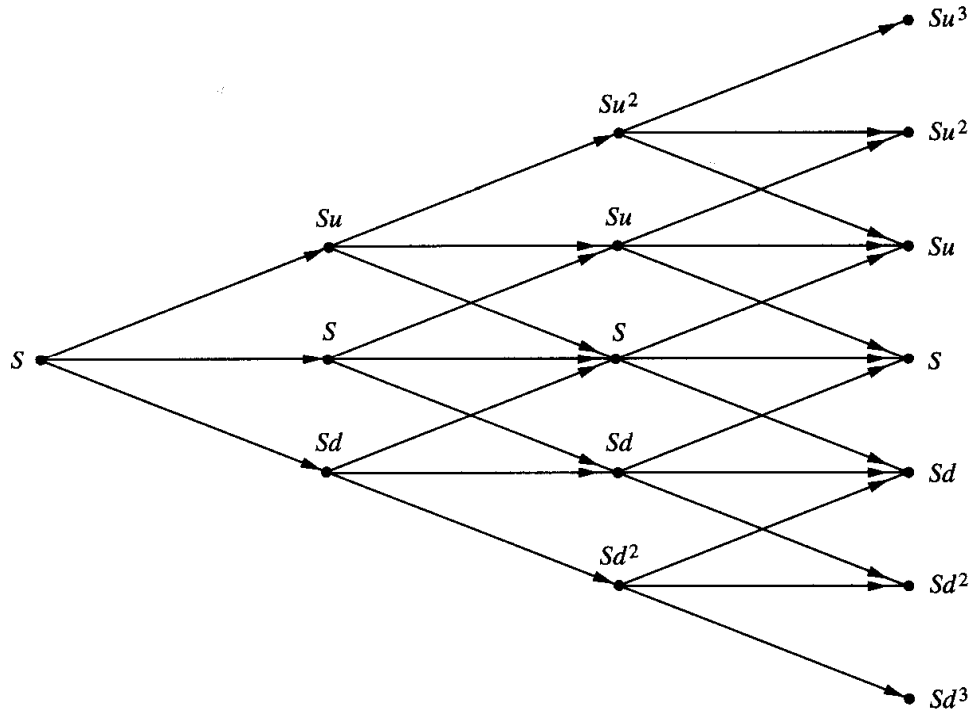
Şekil 4.5 : Belli Bir Anda Temettü Ödemesi Olan Hisse Senedi İçin Binom Ağacı

Burada δ , hisse senedinin temettü getirisidir. Opsiyonun ömrü boyunca bilinen birçok temettü getirisi aynı şekilde işlem görebilir. δ_i ; başlangıç anı ile $i \Delta t$ anı

arasındaki tüm eski temettü tarihlerindeki toplam temettü getirisini göstermektedir, bu durumda $i\Delta t$ anındaki düğümler hisse senedinin $S(1-\delta_i)u^j d^{i-j}$ şeklinde gösterilen fiyatına denktir.

4.3.1.2 Trinom Ağaçları

Trinom ağaçları, opsiyonların değerlemesinde binom ağaçlarına bir alternatif olarak kullanılabilir. Ağacın genel formu Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Trinom ağacı modelinde, her düğüm için sırasıyla; yukarıya, ortaya ve aşağıya doğru hareketlerin olasılıklarının p_u , p_m ve p_d ile ifade edildiği ve Δt 'nin adım uzunluğu olduğu varsayılmaktadır.



Şekil 4.6 : Trinom Ağacı Yaklaşımının İşleyişi

Temettü ödemesi yapmayan bir hisse senedinin fiyat değişimlerinin ortalama değer ve standart sapması için Δt karşısında yoksayılabilen uygun parametre değerleri aşağıda gösterilmiştir:

$$u = e^{\sigma\sqrt{3\Delta t}} \quad (4.65)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{3\Delta t}} \quad (4.66)$$

$$p_d = -\sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}} \left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) + \frac{1}{6}$$

$$p_m = \frac{2}{3} \quad (4.67)$$

$$p_u = \sqrt{\frac{\Delta t}{12\sigma^2}} \left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) + \frac{1}{6}$$

$$p_d + p_m + p_u = 1 \quad (4.68)$$

q oranıyla temettü ödemesi yapan bir hisse senedi için, r parametresi $(r - q)$ ifadesi ile yer değiştirildiğinde, trinom bir ağaç için yapılan hesaplar binom ağaçlar için yapılan hesaplarla benzer bir hal alır.

Trinom ağaç yaklaşımı bazı durumlarda, binom ağaca göre sonuca daha hızlı yakınsamaktadır. Ancak bu avantajına rağmen modelleme ve hesaplama esnekliklerinden ve kolaylıklarından ötürü binom ağaçları trinom ağaçlara tercih edilmektedir (Mun, 2002).

Genel olarak ağaç yöntemleri gerek Avrupa gerekse de Amerikan tipi opsiyonları değerlemede kullanılabilmektedir. Ayrıca diğer yöntemlerle modellenmesi oldukça güç olan opsiyon türlerini ve birleşik opsiyonları değerlemede etkin çözümler sunmaktadır (Trigeorgis, 1996). Bunlara ek olarak diğer modellerde karşılaşılan kararlılık ve yakınsama problemleri bu yöntemde etkin bir şekilde aşılabilmektedir (Hull, 2002). Diğer modellerde sıkça rastlanan, sadece opsiyonun değerini sunan kara kutu yaklaşımının aksine, ağaç yöntemleri karar vericiye kapsamlı bir yol haritası sunabilmektedir (Kulatilaka ve Amram, 1999).

4.3.2 Sonlu Farklar Yöntemi

Sonlu farklar yöntemi, opsiyonun üzerine yazıldığı finansal ürünün sağladığı bir kısmi diferansiyel denklemin çözülmesini temel alır. Bu kısmi diferansiyel denklem, bir grup fark denklemine dönüştürülür ve fark denklemleri iteratif olarak çözülür (Wilmott, 1998).

Bu yaklaşımı açıklayabilmek için, temettü ödemesi yapmayan hisse senetleri için yazılmış Amerikan tipi satım opsiyonunun değerlemesinde nasıl kullanıldığını inceleyelim (Hull, 2002). Opsiyonun sağlaması gereken diferansiyel denklem:

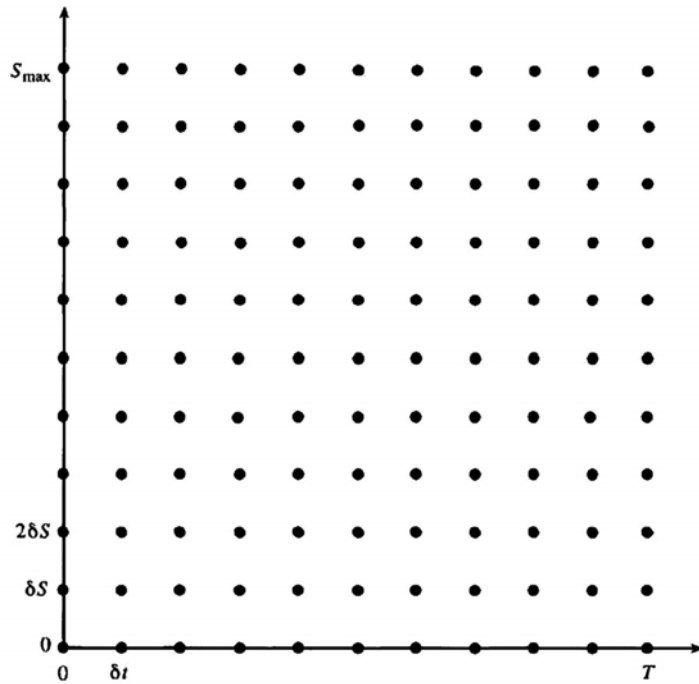
$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = rf \quad (4.69)$$

Opsiyonun ömrü T olarak varsayıldığında ve N eşit parçaya bölündüğünde, birim zaman aralığı $\Delta t = \frac{T}{N}$ olarak ifade edilebilir. Buradan yola çıkarak; $0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, T$ gibi $N+1$ adet zaman dönemi hesaba katılır.

Hisse senedinin erişebildiği maksimum fiyatın (bu noktada satım opsiyonunun herhangi bir değeri yoktur) $S_{\max}$ olduğu varsayıldığında, $M+1$ adet $\Delta S = \frac{S_{\max}}{M}$ eşit aralıklı hisse senedi fiyatı hesaba katılmıştır:

$$0, \Delta S, 2\Delta S, \dots, S_{\max} \quad (4.70)$$

Buradaki hisse senedi fiyatlarından bir tanesi, hisse senedinin güncel fiyatıdır. Bu yaklaşım, $(M+1)(N+1)$ noktadan oluşmuş bir ızgara ile Şekil 4.7’de gösterilmektedir.



Şekil 4.7 : Sonlu Farklar Yönteminin Kullandığı Izgara Yapısı

Izgara üzerindeki (i,j) noktası; $i\Delta t$ anındaki, $j\Delta S$ hisse senedi fiyatındaki noktayı ifade etmektedir. $f_{i,j}$ değişkeni ise opsiyonun (i,j) noktasında aldığı değeri göstermektedir.

4.3.2.1 Dolaylı Sonlu Farklar Yöntemi

Izgaranın içindeki bir (i,j) noktası için, $\frac{\partial f}{\partial S}$ aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\frac{\partial f}{\partial S} = \frac{f_{i,j+1} - f_{i,j}}{\Delta S} \quad (4.71)$$

$$\frac{\partial f}{\partial S} = \frac{f_{i,j} - f_{i,j-1}}{\Delta S} \quad (4.72)$$

Burada, (4.71) denklemi ileriye doğru fark yaklaşımı olarak bilinirken, (4.72) denklemi ise geriye doğru fark yaklaşımı olarak bilinir.

Ortalama hesaplanarak, simetrik bir yaklaşım kullanılır:

$$\frac{\partial f}{\partial S} = \frac{f_{i,j+1} - f_{i,j-1}}{2\Delta S} \quad (4.73)$$

$\frac{\partial f}{\partial t}$ için ileriye doğru fark yaklaşımı kullanıldığında, $i\Delta t$ anındaki değeri ile $(i+1)\Delta t$ anındaki değeri arasında ilişki bulunur:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{f_{i+1,j} - f_{i,j}}{\Delta t} \quad (4.74)$$

$\frac{\partial f}{\partial S}$ için, geriye doğru fark yaklaşımını, (i,j) noktasında (4.72) denklemi göstermektedir. $(i,j+1)$ noktasındaki geriye doğru fark aşağıda ifade edilmiştir:

$$\frac{f_{i,j+1} - f_{i,j}}{\Delta S} \quad (4.75)$$

En son olarak, (i,j) noktasında $\frac{\partial^2 f}{\partial S^2}$ için fark yaklaşımı:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = \left(\frac{f_{i,j+1} - f_{i,j-1} - 2f_{i,j}}{\Delta S^2} \right) \quad (4.76)$$

(4.72), (4.73) ve (4.74) denklemleri, (4.69) diferansiyel denklemine yerleştirildiğinde ve $S = j\Delta S$ ifadesi kullanıldığında:

$$\frac{f_{i+1,j} - f_{i,j}}{\Delta t} + rj\Delta S \frac{f_{i,j+1} - f_{i,j-1}}{2\Delta S} + \frac{1}{2}\sigma^2 j^2 \Delta S^2 \frac{f_{i,j+1} - f_{i,j-1} - 2f_{i,j}}{\Delta S^2} = rf_{i,j} \quad (4.77)$$

$j = 1, 2, \dots, M-1$ ve $i = 0, 1, \dots, N-1$ arasında tanımlıdır.

$$a_j = \frac{1}{2}rj\Delta t - \frac{1}{2}\sigma^2 j^2 \Delta t, \quad b_j = 1 + \sigma^2 j^2 \Delta t + r\Delta t \quad \text{ve} \quad c_j = -\frac{1}{2}rj\Delta t - \frac{1}{2}\sigma^2 j^2 \Delta t \quad \text{olarak}$$

tanımlandığında ve yukarıdaki ifade yeniden düzenlendiğinde;

$$a_j f_{i,j-1} + b_j f_{i,j} + c_j f_{i,j+1} = f_{i+1,j} \quad (4.78)$$

Satım opsiyonunun T anındaki değeri $\max(X - S_T, 0)$ 'dir. Burada S_T , T anında hisse senedinin fiyatını ifade etmektedir. Buradan yola çıkarak aşağıdaki denklem elde edilebilir:

$$f_{N,j} = \max(X - j\Delta S, 0) \quad j = 0, 1, \dots, M \quad (4.79)$$

Hisse senedinin fiyatı sıfır olduğu zaman satım opsiyonunun değeri X ile gösterilmiştir.

$$f_{i,0} = X \quad i = 0, 1, \dots, N \quad (4.80)$$

Hisse senedinin fiyatı sonsuza giderken, opsiyonun değeri sıfıra yaklaşır. Bu ifade kullanıldığında:

$$f_{i,M} = X \quad i = 0, 1, \dots, N \quad (4.81)$$

(4.79), (4.80) ve (4.81) denklemleri, Şekil 4.5 üzerinde $S = 0$, $S = S_{\max}$ ve $t = T$ değerleriyle ızgaranın üç köşesinde gösterilen noktadaki satım opsiyonu değerini göstermektedir. Diğer noktadaki f değerine ulaşabilmek için, (4.78)'deki denklem kullanılmalıdır. İlk olarak, $T - \Delta t$ anına denk gelen noktalar kullanılır. (4.78)

denkleminde i değeri için $i = N-1$ ifadesi kullanıldığında, aşağıda gösterilen eşanlı $M-1$ denklem elde edilmektedir:

$$a_j f_{N-1,j-1} + b_j f_{N-1,j} + c_j f_{N-1,j+1} = f_{N,j} \quad (4.82)$$

Burada $j = 1, 2, \dots, M-1$. Bu denklemlerin sağ tarafları, (4.79) denkleminde dolayı bilinmektedir. (4.80) ve (4.81) denklemleri kullanılarak:

$$f_{N-1,0} = X \quad (4.83)$$

$$f_{N-1,M} = 0 \quad (4.84)$$

(4.81) ifadesinde, $M-1$ bilinmeyenli çözülebilen $M-1$ adet denklem bulunmaktadır: $f_{N-1,1}, f_{N-1,2}, \dots, f_{N-1,M-1}$. Hesaplamalardan sonra, her $f_{N-1,j}$ değeri, $X - j\Delta S$ ifadesi ile karşılaştırılır. Eğer $f_{N-1,j} < X - j\Delta S$ sağlanırsa, $T - \Delta t$ anında erken kullanım optimaldir ve $f_{N-1,j}$, $X - j\Delta S$ ifadesine eşit hale gelmiş olur. $T - 2\Delta t$ anına karşılık gelen düğümler için de aynı işlemler tekrarlanır ve bu şekilde devam edilerek $f_{0,1}, f_{0,2}, \dots, f_{0,M-1}$ elde edilmiş olur. Bu değerlerden herhangi birisi hesaplanmak istenilen opsiyonun fiyatıdır.

4.3.2.2 Doğrudan Sonlu Farklar Yöntemi

Dolaylı sonlu farklar yöntemi sağlam sonuçlar veren bir yöntem olması nedeniyle avantajlıdır. ΔS ve Δt sıfıra yaklaşıırken, her zaman diferansiyel denklemin çözümüne yaklaşır. Dolaylı sonlu farklar yönteminin bir dezavantajı; $f_{i,j}$ değerini, $f_{i+1,j}$ değerini kullanarak hesaplamak için eşanlı $M - 1$ denklemin çözülmesini gerektirmesidir. Izgara üzerindeki bir (i,j) noktası için $\frac{\partial f}{\partial S}$ ve $\frac{\partial^2 f}{\partial S^2}$ değerlerinin, $(i+1, j)$ noktasında da aynı değerlere sahip olduğu varsayımı yapılırsa, kullanılan denklemler daha basit bir hale gelebilir. Bu durumda (4.73) ve (4.76) denklemleri aşağıdaki hali alır:

$$\frac{\partial f}{\partial S} = \frac{f_{i+1,j+1} - f_{i+1,j-1}}{2\Delta S} \quad (4.85)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = \frac{f_{i+1,j+1} + f_{i+1,j-1} - 2f_{i+1,j}}{\Delta S^2} \quad (4.86)$$

Fark denklemi:

$$\frac{f_{i+1,j} - f_{i,j}}{\Delta t} + rj\Delta S \frac{f_{i+1,j+1} - f_{i+1,j-1}}{2\Delta S} + \frac{1}{2}\sigma^2 j^2 \Delta S^2 \frac{f_{i+1,j+1} + f_{i+1,j-1} - 2f_{i+1,j}}{\Delta S^2} = rf_{i,j}$$

veya

$$f_{i,j} = a_j^* f_{i+1,j-1} + b_j^* f_{i+1,j} + c_j^* f_{i+1,j+1} \quad (4.87)$$

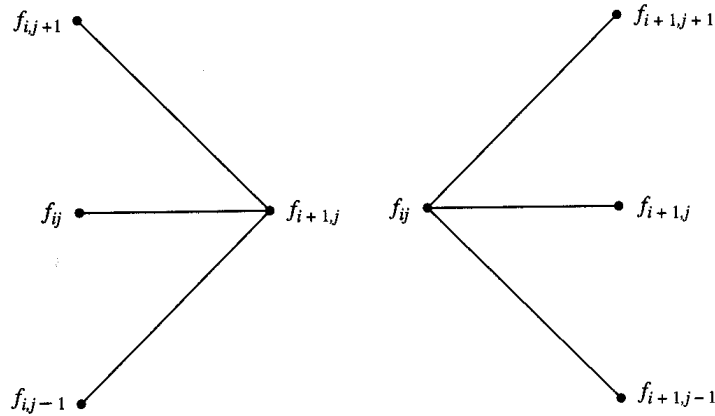
Burada,

$$a_j^* = \frac{1}{1+r\Delta t} \left(-\frac{1}{2}rj\Delta t + \frac{1}{2}\sigma^2 j^2 \Delta t \right)$$

$$b_j^* = \frac{1}{1+r\Delta t} (1 - \sigma^2 j^2 \Delta t)$$

$$c_j^* = \frac{1}{1+r\Delta t} \left(\frac{1}{2}rj\Delta t + \frac{1}{2}\sigma^2 j^2 \Delta t \right)$$

Bu durum doğrudan sonlu farklar yöntemini yaratır. Şekil 4.8, her iki yöntem arasındaki farklılıkları göstermektedir.



Şekil 4.8: Dolaylı ve Doğrudan Sonlu Farklar Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Dolaylı yöntem, $i\Delta t$ anındaki opsiyonun üç farklı değeri ($f_{i,j-1}$, $f_{i,j}$, ve $f_{i,j+1}$) ile $(i+1)\Delta t$ anındaki opsiyonun tek bir değeri ($f_{i+1,j}$) arasındaki ilişkiyi veren (4.78)

denklemini sağlarken ,doğrudan yöntem ise; $i\Delta t$ anında opsiyonun sadece tek bir değeri ($f_{i,j}$) ile $(i+1)\Delta t$ anındaki opsiyonun üç farklı değeri ($f_{i+1,j-1}$, $f_{i+1,j}$, ve $f_{i+1,j+1}$) arasındaki ilişkiyi veren (4.87) denklemini sağlar.

Sonlu farklar yöntemi, Amerikan ve Avrupa tipi opsiyonları değerlemede birden fazla sayıda durum değişkeninin olduğu durumlarda da kullanılabilir. Ancak bu durumda Şekil 4.7'deki ızgara, çok boyutlu bir hal alır ve her iki tipteki sonlu farklar yönteminin hesaplanması için gerekli bilgisayar zamanının artmasına sebep olur.

Ayrıca kararlılık ve yakınsamanın sağlanması için, ilgili diferansiyel denklemin çözümünde, uygun sonlu farklar yönteminin seçimine dikkat edilmesi gerekir. Dolaylı yöntem daha fazla hesaplama yükü getirmekle birlikte doğrudan yöntemdeki yakınsama problemini aşmaktadır (Hull ve White, 1990). Sonuç olarak sonlu farklar yöntemi ancak opsiyon dinamiklerini yansıtan kısmi diferansiyel denklemlerin yazılabilmesi durumunda kullanılabilir. Ayrıca ağaç yöntemlerinin sunduğu görsel zenginliği sağlayamazlar (Trigeorgis, 1996).

4.3.3 Simülasyon Yöntemleri

Ekonomide, işletmelerde ve diğer sosyal bilimlerde kullanılan simülasyon teknikleri, dinamik bir süreci temsil eden sayısal bir model üzerinde denemeler yapmayı içerir. Simülasyon yöntemlerinin opsiyonların değerlemesi için kullanımı, opsiyonun üzerine yazıldığı finansal varlığın izleyebileceği binlerle olası yolun incelenmesini temel almaktadır. Özellikle Avrupa tipi opsiyonların değerlemesinde yaygın kullanımı olan Monte Carlo Simülasyonu (MCS), optimum yatırım stratejisi uygulanarak, her bir olası yolun getirisini tek tek hesaplamakta ve bu getirilerin ortalamasını risk-nötr değerlemeyle iskontolayarak opsiyonun değerini belirlemektedir (Boyle, 1977).

MCS yönteminde, stokastik değişkenin (örneğin, hisse senedi fiyatı) izleyebileceği olası yollar risk-nötr dünyada bilgisayar yardımıyla hesaplanır ve ilgili opsiyonun değeri belirlenir. Finansal varlığın değerinin (S) geometrik Brownian hareketi takip ettiği varsayılmaktadır (Trigeorgis, 1996);

$$dS = \mu \cdot S \cdot dt + \sigma \cdot S \cdot dz \quad (4.88)$$

Burada:

dz : Wiener süreci

μ : Risk-nötr dünyadaki beklenen getiri

σ : Volatilité

dt : Birim zaman aralığı

S 'in takip ettiği güzergahı simüle etmek için opsiyonun ömrü Δt uzunluğundaki N adet adıma bölünür, yukarıdaki denklem aşağıdaki şekli alır:

$$S(t + \Delta t) - S(t) = \mu \cdot S(t) \cdot \Delta t + \sigma \cdot S(t) \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta t} \quad (4.89)$$

Burada,

$S(t)$: t anında S 'in değeri

ε : Standart sapması bir ve ortalaması sıfır olan normal dağılıma uygun rasgele bir örneklemdir.

Bu denklemle S 'in Δt 'deki değeri, S 'in bir önceki değeriyle hesaplanabilir. $2\Delta t$ anındaki değeri ise S 'in Δt anındaki değeri dikkate alınarak hesaplanır. Bu şekilde N adet Δt için, S 'in alacağı değerler hesaplanarak simülasyon tamamlanır.

Uygulamada genel olarak, S yerine $\ln S$ 'in simüle edilmesiyle daha doğru sonuçlar elde edilmektedir. Itô önsavının uygulanmasıyla $\ln S$ 'in takip ettiği süreç:

$$d \ln S = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma \cdot dz \quad (4.90)$$

olacaktır. Buradan,

$$\ln S(t + \Delta t) - \ln S(t) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta t} \quad (4.91)$$

Ya da bu ifadeye denk olarak:

$$S(t + \Delta t) = S(t) \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta t} \right] \quad (4.92)$$

olarak hesaplanır.

Bu denklem, denklem (4.89) gibi S 'in güzergahının oluşturulmasında kullanılabilir. Bununla beraber, denklem (4.89) limit Δt sıfıra yaklaşırken doğru iken; denklem (4.92) bütün Δt 'ler için her zaman kesin olarak doğrudur.

Uygulamada opsiyonun T anındaki getirisi, sadece S değişkeninin o andaki değerine bağlı ise, S 'nin takip ettiği güzergahın tamamen simüle edilmesine gerek yoktur. Bunun yerine S 'nin $t=0$ anındaki değeri kullanılarak, S 'nin, T anındaki değeri hesaplanabilir. Bu durumda denklem aşağıdaki gibi olacaktır.

$$S(T) = S(0) \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{T} \right] \quad (4.93)$$

Opsiyonun getirisinin, θ_i ; n farklı değişkene $\theta_i (1 \leq i \leq n)$ bağlı olması durumunda (4.93) denklemi kullanılabilir.

$$\theta_i(t + \Delta t) - \theta_i(t) = \hat{m}_i \theta_i(t) \Delta t + s_i \theta_i(t) \varepsilon_i \sqrt{\Delta t} \quad (4.94)$$

Burada s_i ; θ_i 'nin volatilitesi, $\hat{m}_i$; risk-nötr bir dünyada θ_i 'den beklenen getiri oranını ve ρ_{ik} ; θ_i ve θ_k arasındaki anlık korelasyonu ifade etmektedir ($1 \leq i, k \leq n$). ε_i ve ε_k ; standart normal dağılımdan elde edilen rasgele örneklemelerdir. Simülasyon çok değişkenli standart normal dağılımdan elde edilmiş $\varepsilon_i (1 \leq i \leq n)$ 'nin N adet örnekleme için, θ_i değerleri hesaplanmasını takiben opsiyonun beklenen değerini belirleyebilir.

Avrupa tipi opsiyonların değerlemesinde yaygın olarak kullanılan MCS yöntemi, kompleks getirilerin, karmaşık ilişki ve değerlendirme kurallarının geçerli olduğu uygulamalarda kullanılabilir (Kulatilaka ve Amram, 1999). MCS yönteminin kullanımı; getirinin, söz konusu olan S değişkeninin takip edeceği güzergaha ve sadece S 'in nihai değerine bağlı olduğu durumlarda daha avantajlıdır. MCS yöntemi, S 'nin takip edebileceği farklı stokastik süreçler için kolayca uygulanabilir

(Trigeorgis, 1996). Ayrıca, üç ve daha fazla stokastik değişkenin olması durumunda diğer yöntemlerden nümerik olarak daha hızlı ve etkindir. Bunun sebebi, MCS'nu gerçekleştirmek için harcanılan sürenin değişken sayısındaki artışla doğrusal olarak artması; diğer yöntemlerde çözüme ulaşmak için harcanan sürenin, değişken sayısındaki artışla üstel olarak artmasıdır (Hull, 2002).

Analitik çözümlerin elde edilemediği durumlarda ve güzergah bağımlı (path-dependant) opsiyonların değerlemesinde Monte Carlo Simülasyonu kullanılabilir. Ancak, Amerikan tipi opsiyonların değerlemesinde ise kullanımı oldukça kısıtlıdır (Kulatilaka ve Amram, 1999). MCS yöntemi, opsiyonları değerlerken ileriye bakan (forward looking) bir algoritma kullanmakta iken, Amerikan tipi opsiyonların değerlemesi işleminde optimum kararın alınabilmesi için geriye dönük tündengelim (backward deduction) yaklaşımını kullanması gerekmektedir. İleriye dönük ve geriye dönük algoritmaların birarada işletilerek hesap yapılabilmesi için büyük maliyetlere katlanması gerekmektedir.

Bu durumu aşmak için Amerikan tipi opsiyonların değerlemesinde, opsiyonun kullanım süresinin sona ermesinden önceki her erken kullanım noktasında, opsiyonu kullanma ya da opsiyonu canlı tutmaya devam etme kararının verilmesi gerekmektedir. Bu unsur dikkate alınarak Amerikan tipi opsiyonların MCS yöntemi ile değerlemesi üzerine farklı çalışmalar yapılmaktadır (Hull, 2002). Araştırmacılar, Monte Carlo Simülasyonu'nun kullanıldığı uygulamalarda opsiyonu canlı tutmanın değerinin belirlenmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Yaklaşımları en küçük kareler (least squares) analiz yöntemini kullanarak opsiyonun kullanım süresinin sona ermesinden önce kullanım kararının masaya yatırılacağı her duruma karşın, opsiyonu canlı tutma kararının alınması arasındaki optimum ilişkinin belirlenmesine dayanmaktadır (Longstaff ve Schwartz, 2001).

Amerikan tipi opsiyonları değerlemedeki sıkıntılarının dışında, MCS'nun ana problemlerinden bir tanesi talep edilen hassasiyet değerindeki artışa bağlı olarak hesaplanması gereken işlem sayısının da büyük oranlarda artmasıdır. Bunun nedeni, standart sapmanın yakınsama oranının, toplam simülasyon koşum sayısının kökü şeklinde ifade edilmesidir. Bu durum toplam simülasyon süresini de olumsuz yönde etkilemektedir. Literatürde bu durumu aşmak için çeşitli varyans azaltma teknikleri sunulmuştur (Hull ve White, 1987 ve 1988).

Günümüzde MCS yöntemleri, çeşitli ticari paketlerin kullanımıyla herhangi bir programlama dili bilgisi gerektirmeden ofis programlarıyla entegre bir şekilde uygulanabilir hale gelmiştir (Mun, 2003 ve 2006). Ancak gerek yeterli hassasiyet için gerektirdiği yüksek koşum sayıları, gerekse de Amerikan tipi opsiyonları değerlemede yaşanan zorluklar geçerliliğini korumaktadır. Ayrıca MCS yönteminin bir diğer problemi simülasyon neticesinde sadece opsiyonun değerinin elde edilebilmesidir. Opsiyonun değerini etkileyen majör etmenlerin neler olduğunun belirlenmesine yardımcı olmaz. Kara kutu mantığıyla simülasyonun tamamlanmasıyla kullanıcılara sadece sonucu vermektedir. Bu durum ise MCS yöntemini karar verme sürecine destek olmak açısından ağaç yöntemlerinin gerisinde bırakmaktadır.

Bu bölümde, farklı değerlendirme prosedürleri üzerinde tanıtılmış ve değerlemesi yapılan opsiyonun özelliklerine, beklenen kesinlik ve hata payına göre yöntem seçiminin yapılmasının önemi vurgulanmıştır. İncelenen reel opsiyon değerlendirme tekniklerinden, nümerik yaklaşımları temel alan, binom ağacı yöntemi sunduğu modelleme esneklikleri ve karar verme sürecinde sonuçların görselleştirilmesinde sağladığı avantajlardan dolayı öne çıkmıştır.

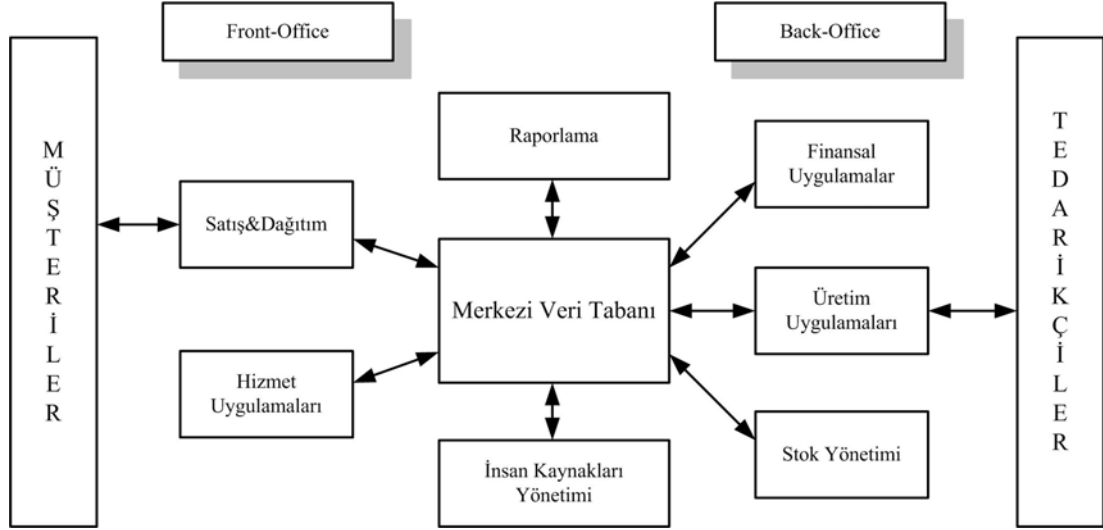
5 KURUMSAL KAYNAK PLANLAMASI SİSTEMLERİ

Günümüzde firmaların sınırların gitgide belirsizleştiği rekabetçi piyasa koşullarında konumlarını rakiplerine oranla daha iyi bir seviyeye çekebilmeleri, sahip oldukları sınırlı kaynakları daha etkin ve verimli bir şekilde kullanabilmelerine ve faaliyetlerine yön verecek kararları doğru ve zamanında alabilmelerine bağlıdır. Rekabetin doğasında varolan sürekli ve hızlı değişim beraberinde birçok yeni fırsatları ve tehditleri getirmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte rekabet, ürünlerin yaşam döngülerini kısaltırken firmaların hizmet kalitelerini en üst seviyeye çekmeye ve daha hızlı kararlar almaya zorlamaktadır. Bu koşullara adapte olamayan firmaların pazar paylarını kaybetmeleri kaçınılmazdır. Firmaların rekabetçi pozisyonlarını koruyabilmeleri ve rekabet koşullarını belirleyici tarafta olabilmeleri için faaliyetlerini bütünleşik ve aynı zamanda esnek bir biçimde destekleyebilecek, veri analizi ve raporlamalarla bilgiye daha çabuk ulaşmalarına, firma içerisinde dağıtmalarına imkan tanıyacak güvenilir bilişim teknolojileri çözümlerine ihtiyaçları vardır.

Firmalar bilişim teknolojileri çözümlerini özellikle veri kaynaklarının düzenlenmesi, iletişimin etkinleştirilmesi, zaman tasarrufu, karlılığın artırılması, maliyet optimizasyonu, üretim ve lojistik faaliyetlerinin planlaması, yöneticilerin vereceği kararların desteklenmesiyle işletme üzerindeki kontrollerin artırılması ve rekabet avantajı sağlanması amacıyla kullanmaktadırlar. Şüphesiz, bütünleşik yapısıyla KKP çözümleri firmalara sundukları katma değerler açısından diğer bilişim teknolojileri çözümleri arasında ön saflardaki yerini giderek güçlendirmektedir.

KKP kavramı en genel şekilde, bir kurumda süregelen tüm bilgi akışının bütünleşmesini sağlayan ticarî yazılım paketleri olarak tanımlanabilir (Rajagopal, 2002). Firmanın müşterileriyle ve tedarikçileriyle olan ilişkisinin birarada ele alındığı KKP kavramı genel olarak Şekil 5.1’de gösterilmiştir (Davenport, 1998). KKP kavramı işletmenin verimliliğini, kalite ve rekabet edebilirliğini artırmak için, her tür bilginin biraraya getirildiği bütünleşik bir düzeni ifade eder (Siriginidi, 2000). KKP,

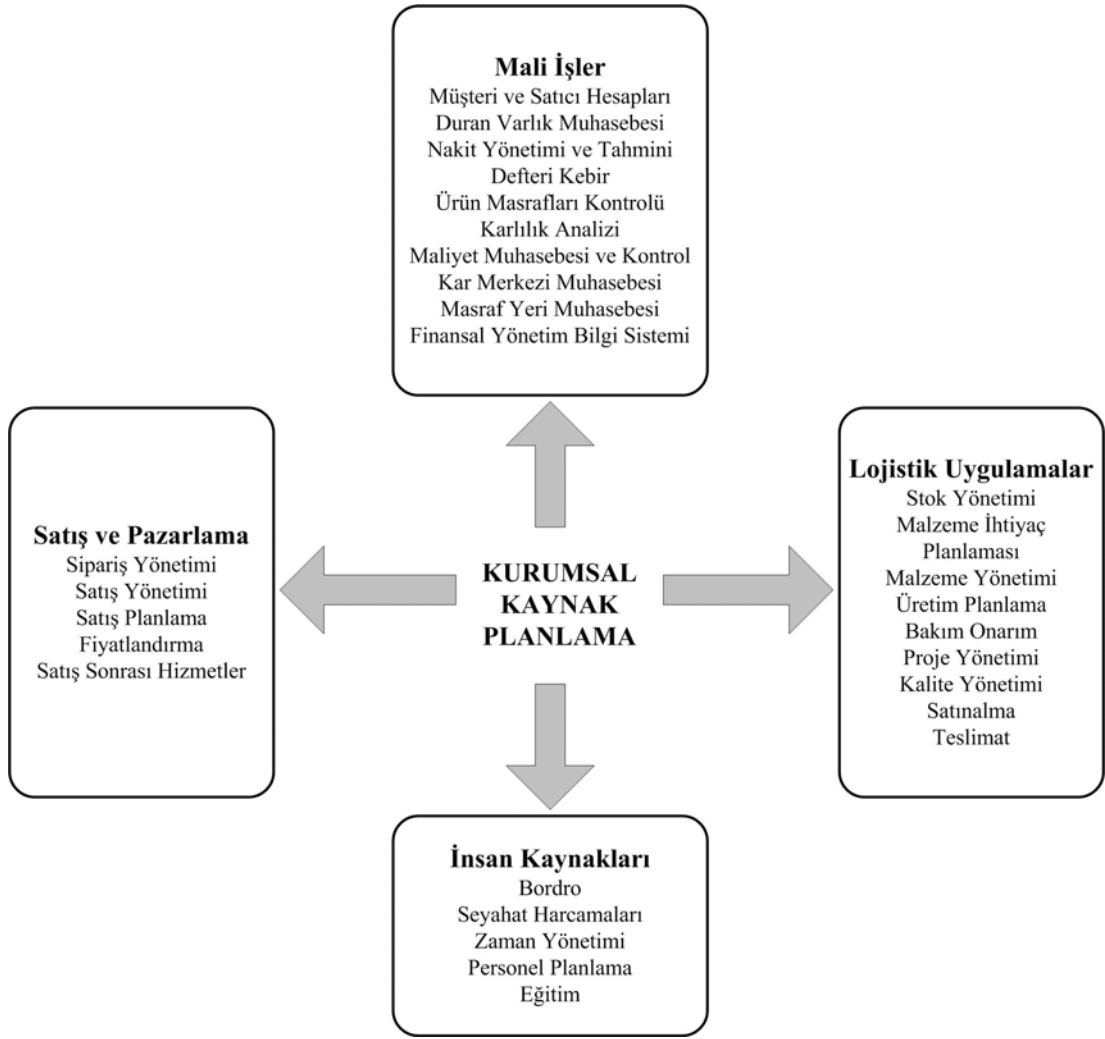
rekabet üstünlüğü elde edebilmek için en iyi iş uygulamalarını, yöntemlerini ve araçlarını belirlemeyi ve bunları uygulamayı hedefler (Mabert ve diğ., 2001). KKP sayesinde bir iş süreci ile diğer iş süreci, bir iş birimi ile diğer iş birimi, bir işletme ile diğer işletme arasında gerçek zamanlı bağlantı kurulabilir, hızlı ve daha kaliteli bilgi elde edilebilir.



Şekil 5.1 : KKP Üzerinden Firma-Müşteri ve Firma-Tedarikçi İlişkisi

KKP sistemi; muhasebe, finans, satış-dağıtım, üretim planlama, stok yönetimi, satınalma, üretim, pazarlama, kalite yönetimi, bakım-onarım, insan kaynakları yönetimi gibi modüler fonksiyonları bütünlük bir tarzda ele almaktadır. Amaç, tüm bu fonksiyonlar arasındaki işbirliğini ve etkileşimi, tutarlı bir şekilde geliştirmektir (Nah, 2002). KKP sistemindeki bütünlük yapı satış ve pazarlama, mali işler, lojistik uygulamalar ve insan kaynakları olmak üzere dört ana grupta ifade edilebilir (Chen, 2001). Bu yapı şekil 5.2’de gösterilmiştir (Chen, 2001).

KKP, işletmenin stratejik amaç ve hedefleri doğrultusunda müşteri taleplerini en uygun şekilde karşılayabilmek için farklı coğrafi bölgelerde bulunan tedarik, üretim ve dağıtım kaynaklarının en etkin ve verimli bir şekilde planlanmasına, koordinasyonuna ve kontrol edilmesine imkan tanıyan fonksiyonları barındıran bir sistemdir (Kremzar ve Wallace, 2001). Yöneticilere, aylık raporları beklemeden ve diğer aylık raporlarla çapraz kontrole gerek kalmadan kendi bilgisayarlarından gerçek zamanlı işletme bilgilerini görme olanağı verir (Davenport, 2000).



Şekil 5.2 : KKP Sisteminin Bütünleşik Yapısı

KKP kavramının, Malzeme İhtiyaç Planlaması (MİP) ve Üretim Kaynakları Planlaması (ÜKP) terimlerinden türediği varsayılmaktadır. 1960’lı yıllarda üretim sistemleri envanter kontrolüne odaklanırken, genelde kuruma özgü geliştirilen çoğu yazılım paketi, geleneksel envanter kavramlarına dayanarak envanter kayıtlarının tutulmasını sağlamıştır. 1970’li yıllarda ise, malzeme gereksinimlerini hesaplayan MİP yazılımları gündeme gelmiştir. Malzeme gereksinimlerini, ana üretim planı ve kapasiteyi de gözönüne alarak, zaman içinde malzeme akışlarında oluşabilecek değişikliklerle güncelleyen, daha dinamik bir planlama için kapalı-döngü MİP tekniği geliştirilmiştir. 1980’li yıllarda MİP’ye finans, satınalma ve üretim planlama gibi fonksiyonların eklenmesi ile ÜKP yaklaşımına geçilmiştir (Klaus ve diğ., 2000). Esas itibariyle ÜKP malzeme ihtiyaç planlamasının yanı sıra, makine ve işçilik kaynağına yönelik olarak da kapasite planlaması çalışmalarını içermektedir. Firmalar ÜKP’yi etkin bir üretim planlama aracı olarak görmekle beraber, karlılık ve müşteri

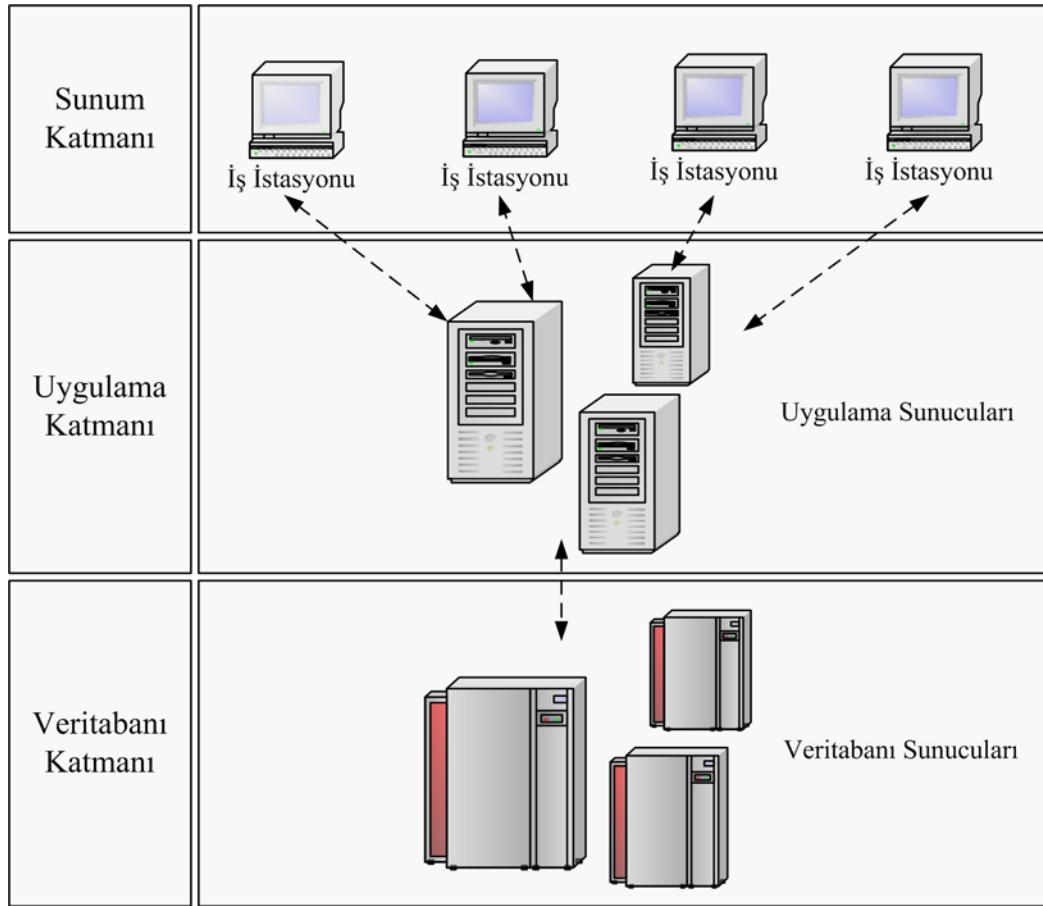
memnuniyeti gibi amaçların sadece üretimi değil, tüm kurumu ilgilendiren kavramlar olduğunu fark etmiştir. Bu bakış açısı neticesinde firmalar finans, satış-dağıtım ve insan kaynakları işlevlerinin de dahil olduğu bütünsel sistemlere gerek duymaya başlamışlardır. 90'lı yılların başından günümüze, bu kavramların tamamını kapsayan bütünsel bir kurumsal çözüm olarak, Kurumsal Kaynak Planlaması (KKP) yazılımları gündeme gelmiştir. Şekil 5.3'te, (Nah, 2002) yıllara göre KKP sisteminin kronolojik gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 5.3 : KKP Sistemlerinin Kronolojik Gelişimi

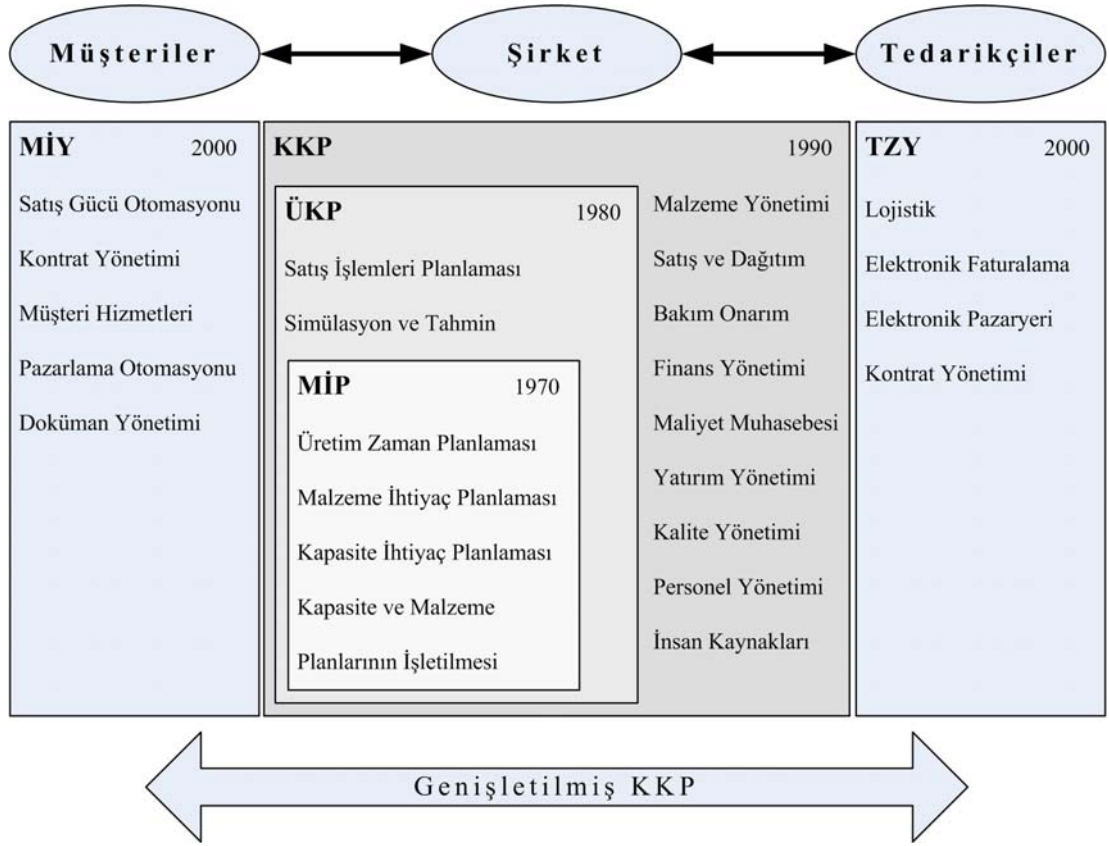
İnternet kullanımının dünya genelindeki hızlı yayılımı bilişim teknolojileri sektörü üzerinde oldukça önemli etkilere yol açmıştır. KKP sistemleri de bu çerçevede internet teknolojisine ve bu teknolojinin beraberinde getirdiği yeniliklere imkan tanıyacak şekilde giderek gelişmektedir (Nah, 2002). 80'lerde MİP sistemleri ana sunucu bilgisayarlar için tasarlanırken, internet (TCP/IP) tabanlı türevlerin oluşmaya başlamasıyla birlikte KKP tedarikçileri de KKP sistemlerinde teknolojik altyapı olarak istemci-sunucu mimarisini benimsemişlerdir. Katmanlı yapıya sahip bu mimari sunum, uygulama ve veri tabanı katmanlarından oluşmaktadır (Şekil 5.4).

İnternetin ön ayak olduğu değişimin ilk adımları 1990'lı yıllara dayanmaktadır. KKP sistemleri hızlı bir şekilde internet teknolojisine göre şekillenme yolundadır (Nah, 2002). İnternet üzerinden sistem kaynaklarına istenildiği zaman herhangi bir dış ortamdan ulaşılabilmesi, KKP tedarikçilerine, sistemin temel işlevlerine firmalara katma değer sunan, "eklentiler" (Add-on) olarak ifade edilen modülleri ve fonksiyonları ekleme olanağını tanımıştır. Bu yeni oluşum Genişletilmiş Kurumsal Kaynak Planlama (Extended Enterprise Ressource Planning) olarak literatürdeki yerini almıştır.



Şekil 5.4 : KKP Sistemindeki İstemci-Sunucu Mimarisi

Genişletilmiş Kurumsal Kaynak Planlama (GKKP) kavramı dahilinde, Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY), Müşteri İlişkileri Yönetimi (MİY), Satış Gücü Otomasyonu (SGO), İleri Seviye Planlama ve Takvimlendirme (İSPT), İş Zekası Çözümleri (İZÇ) ve e-iş uygulamaları gibi dış ortamlara açık yeni işlevsel modüller ile temel sistem modülleri bütünsel bir şekilde bir arada yönetilmektedir. Bu bağlamda KKP uygulamaları gitgide internet üzerinden on-line işlem yapan firmaların belkemiğini oluşturan bir yapıya dönüşmektedir. İnternet tabanlı çözümler firmalara satış-pazarlama fırsatlarının ve müşteri memnuniyetinin artırılması, dağıtım kanallarının geliştirilmesi, faturalama ve ödeme işlemlerinin daha düşük maliyetlerde gerçekleştirilmesi yetkinliklerini sunmaktadır. TZY ve MİY modülleri müşteriler, tedarikçiler ve firma arasındaki üç bacaklı ilişkinin daha etkin ve verimli bir şekilde kurulmasına imkan tanımaktadır. Günümüzde modüler ve fonksiyonel bazdaki bu eklentiler artık neredeyse endüstri standardı haline gelmiştir (Sheldon, 2005). Chen (2001) ve Adam ve Sammon'dan (2004) esinlenerek işlevsellik bakımından KKP sisteminin gelişimi Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.5 : İşlevsellik Bakımından KKP Sistemlerinin Gelişimi

KKP uygulamaları hızla değişen mevcut iş şartlarında süreklilik arz eden işlerdir. Bunun başlıca nedenleri, teknolojik değişim ve güncellemeler, şirket birleşmeleri, şirket ayrılıkları, iş süreci değişiklikleri ve insanların projedeki sirkülasyonudur. KKP sistemlerinin genel özellikleri; sektöre, firma büyüklüğüne ya da firmanın yaptığı özelleştirmelere göre farklılık gösterebilmesine karşın şöyle özetlenebilir (Klaus ve diğ., 2000):

- Tüm sektörleri hedef alan ve kurulumu esnasında özelleştirilebilen bütünsel standart yazılım paketleridir. Eklentiler ile sektöre özel çözümler de geliştirilebilir (Bankacılık, Tekstil, Petrol sanayi, vb...).
- KKP yazılımları, dünya ölçeğinde kullanım olanağı sağlayan işlevsellikleri sayesinde, tüm sektörlerde uygulama olanağı bulabilir.
- Temel iş süreçlerine, sahip olduğu en iyi iş uygulamaları (Best Business Practices) ile çözüm önerileri sunar.

- KKP paketleri dünya genelinde, ülke ve bölge kavramlarından bağımsız çözümler sunmak üzere tasarlanmıştır. Ancak ülkeden ülkeye farklılık gösteren yerel mevzuata bağlı muhasebe işlemlerinin, özel belgelerin oluşturulması (teklifler, faturalar vb.) ve insan kaynakları yönetimi gibi işlevlerin, yerel gereksinimlere uygun olarak yapılmasına olanak sağlar.
- KKP paketleri; tedarik yönetimi, sipariş yönetimi ve ödeme işlemleri gibi tekrar eden ve sürekli olan iş süreçlerini destekler.
- KKP; bir veri tabanı yönetimi yazılımı, ara katman yazılımı ya da bir işletim sisteminden ziyade, bir uygulama yazılımıdır. Uygulama, veri tabanı ve sunucu olmak üzere üç katmandan oluşan bir istemci/sunucu mimarisinde çalışır. İşletim sistemi ve donanımdan bağımsızdır, farklı sistemler üzerine kurulabilir. Tüm uygulama alanlarında birbiriyle tutarlı grafik arayüzlerine sahiptir.

Firmalar için KKP uygulamalarını gerekli kılan birçok faktör vardır. Firmanın tutarlı bilgi ihtiyacını karşılayacak kurumsal bir kaynak oluşturmak, ilk denemede güncel ve güvenilir veriye ulaşmak, iş süreçlerini olabildiğince tek bir çatı altında bütünleştirmek bu faktörlerin belli başlı olanlarıdır (Karakanian, 2000). KKP sistemleri son dönemlerde, sadece işletme içi iş süreçlerini bütünleştirmek için değil, aynı zamanda şirketin tedarikçileri ve müşterileri arasında internet üzerinden zaman ve yerden bağımsız entegrasyon kurabilme yeteneklerinden dolayı da tercih edilmektedir (Nah, 2002). Kurumları KKP uygulamalarına yönelten diğer nedenler ise iş süreçleri ve teknolojik bakımdan şöyle sıralanabilir (Davenport, 2000);

- Fonksiyonel iş süreçleri arasında koordinasyon sağlar.
- Back office işlemlerin otomasyonunu güvence altına alır.
- Bilgi teknolojisi altyapısını yönetmeyi kolaylaştıran tek bir sistem sunar. Bu altyapıyı anlamaya imkan tanıyan ve çalışmayı kolaylaştıran tutarlı uygulama mantığını oturtur ve arayüzünü oluşturur. (Örneğin, 2000 yılı problemi ve Euro para birimine dönüştürme gibi işlemlerde kolaylık sağlar.)
- Coğrafi olarak birbirinden uzak birimler arasında koordinasyonu sağlar.

- Firma içindeki birimlerin birbirleriyle anlaşabileceği ortak bir dil oluşturur. Aynı terime farklı birimlerinde farklı anlamlar yüklenmesini önleyecek terminoloji birliğini sağlar.

Fortune 500 listesine dahil KKP uygulamalarına yatırım yapmış 62 firmayı kapsayan bir çalışmada (Benchmarking Partners, 1998), şirketlerin KKP yatırımları sonucunda elde edilen faydalar; maliyetlerde azalma, gelirlerde iyileşme, gelişmiş nakit yönetimi, envanter ve personel sayılarında azalma, sipariş termin sürelerinin azalması, üretkenlik ve sipariş yönetiminde iyileşme, bilgi ve süreç akışlarıyla müşteriye hizmet sürelerinde iyileşme olarak belirlenmiştir. KKP sistemine yönelen şirketler genellikle birçok eski sistemi ortadan kaldırıp bakım masraflarından tasarruf ettikleri için, bilgi teknolojisi maliyetleri de azalmaktadır. Diğer taraftan satılan malların maliyetinin gelirlere olan oranındaki gelişmelerin gözlenebilmesi için belli bir sürenin geçmesi gerekmektedir. Fakat bu süre içinde çalışan sayısının gelire oranında önemli iyileşmeler gözlenebilmektedir (Poston ve Grabski, 2001). KKP sistemlerinin sağladığı faydalar şöyle sıralanabilir:

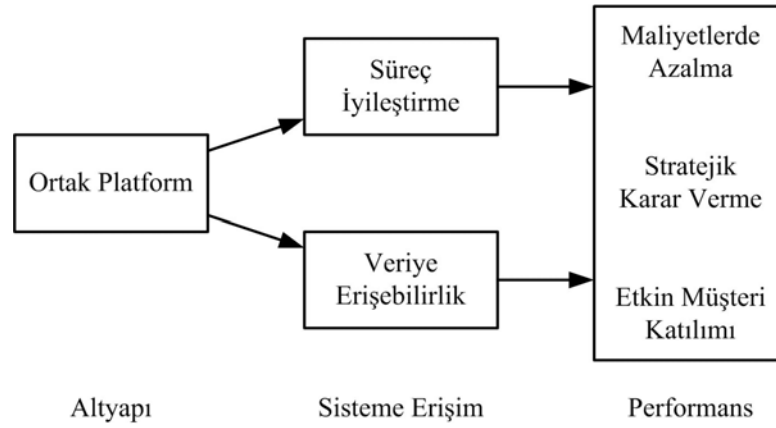
- En güncel bilgiye en hızlı şekilde ulaşma imkanının getirdiği üst düzey bilgi bütünleştirmesi sayesinde, pazar, müşteri ve iş dünyası oluşumlarına organizasyonun anında tepki vermesine olanak tanır.
- Sistem standartlaştırıldığı için bilgi tüm organizasyon bünyesinde aynıdır. Doğru ve tutarlı raporların otomatik olarak hazırlanmasını sağlar. Bilgi gerçek zamanda hazır halde bulunur ve son kullanıcılar ihtiyaç duydukları bilgiye kolaylıkla erişebilir.
- Sadece organizasyonu uçtan uca bütünleştirmekle kalmaz ayrıca daha etkin çalışmak isteyen ilgili fonksiyonlara da bilgi sağlar. Böylece daha az kaynak kullanımı ile daha çok katma değer elde edilebilir.
- Gerçek zamanlı kar-zarar ve maliyet analizlerinin yapılabilmesini sağlar.
- Örnek senaryolar oluşturarak muhtemel sonuçları canlandırabilir (Simülasyon).

- Değişken üretim koşullarına hızlı tepki vererek rekabet gücünün artırılmasına katkı sağlar.
- Üretim odaklı kararlar, satış odaklı kararlar daha kısa sürede, daha etkin bir şekilde bütünleştirilerek üretimden satışa kârlılık gerçek zamanlı izlenebilir. Böylece, karar verme hızlanır ve kolaylaşır (Palanisvamy ve Frank, 2000).
- Etkin stok yönetimi ve denetimiyle, stok maliyetlerinin ve elde bulundurma maliyetlerinin düşmesine katkıda bulunur.
- KKP sistemini uygulayan çeşitli fonksiyonlar, birimler, işletmeler ve ülkelerdeki faaliyetlerde merkezi bir koordinasyon oluşturarak dil, coğrafya ve zaman sınırlarını ortadan kaldırır. Böylece bir yönetici, bir başka ülkedeki fabrikanın çeşitli faaliyetlerini bulunduğu yerden rahatlıkla izleyebilir.
- Bölgeler ve/veya iş yerleri arasında malzeme, işçilik, makine-teçhizat, bilgi gibi üretim ve dağıtım kaynaklarının ortaklaşa ve verimli kullanımını sağlar.
- Müşteri hizmet seviyelerini geliştirerek müşteri memnuniyetinin artmasını sağlar. KKP sistemi ile müşteri tek bir birimi arayarak, internet üzerinden siparişini verebilir ve daha sonra verdiği siparişin gelişimini takip edebilir.

Yıllık gelirleri 25 ile 125 milyon dolar arasında değişen 15 firma ile yapılan bir anket çalışması sonucunda, firmaları KKP sistemlerini kurmaya ve kullanmaya götüren en önemli sebepler aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Ross ve Vitale, 2000):

- Eskimiş ve entegrasyona imkan tanımayan sistemleri tek bir sistem altında toplayacak ve 2000 yılı problemine karşı bir katalizör vazifesi görecektir ortak bir platform ihtiyacı.
- İş süreçlerinde iyileşme ve işletme maliyetlerinde azalma beklentisi.
- Stratejik kararların iyileşmesi beklentisi ve bilgiye kolay erişim ihtiyacı.
- Müşteri katkısının süreçlere olan etkisinin artırılması beklentisi.

Şekil 5.6’da firmaların KKP sistemine geçiş nedenleri ilişkisel olarak gösterilmiştir (Ross ve Vitale, 2000).



Şekil 5.6 : Firmaların KKP Sistemine Geçiş Nedenleri

Dünya çapında 100’ün üzerinde irili ufaklı KKP yazılım paketi üreticisi olmasına rağmen bunların büyük çoğunluğu küçük ölçekli firmaları hedef almaktadır. 2006 yılı verilerine göre dünya KKP piyasasına yön veren firmalar SAP, Oracle, MBS (Microsoft Business Solutions) ve Infor Global Solutions firmalarıdır ve toplam olarak dünyadaki KKP pazarının %60’dan fazlasını ellerinde tutmaktadırlar. (Baseline, 2006). Bir Alman şirketi olan SAP, KKP sistemlerinin önde gelen tedarikçisidir ve pazar payının yaklaşık üçte birinden fazlasını elinde tutmaktadır. Türkiye’ye baktığımızda da SAP’nin lider durumda olduğu görülmektedir. SAP (2007), Türkiye’deki 500 büyük firmanın yaklaşık 200’üne hizmet sağlamaktadır.

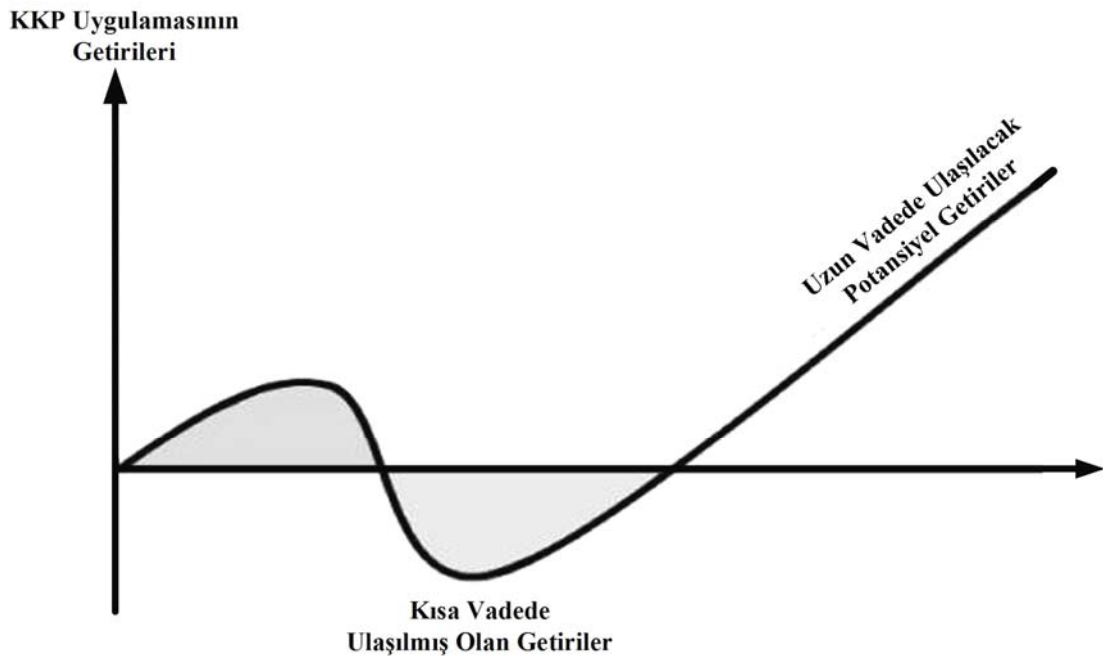
KKP uygulamalarının maliyet dağılımını irdelemek amacıyla yapılan bir araştırma için ciroları 30 milyon USD ile 35 milyar USD arasında değişen, farklı sektörlerle ve son kullanıcılara ürün ve hizmet tedariki yapan ve altı farklı KKP tedarikçisinden alınmış yazılım paketlerini kullanan 15 farklı firmanın yöneticileriyle görüşülmüştür (Mabert ve diğ., 2001). Elde edilen sonuçlara göre KKP kurulumunda yazılım masrafının ortalama olarak tüm maliyetin ancak %15’ine denk geldiği görülmüştür. KKP uygulanmasında en büyük maliyet kalemini ortalama %30’luk payıyla danışmanlık masrafları oluştururken, bu kalemi ortalama %25’lik payıyla donanım ve altyapı maliyetleri izlemektedir. Toplam uygulama maliyetleri sadece harcanan para açısından bakıldığında oldukça yüksektir. Küçük firmalarda dahi bu rakam milyon dolar mertebelerini geçebilmektedir. Büyük firmalarda ise on milyonlarca dolara ulaşmaktadır. Uygulama zamanları ise 12 ay ile 4 yıl arasında değişmekte ve bu açıdan bakıldığında maliyet yönüyle dezavantajlı olan küçük firmalar zaman konusunda avantajlı bir konuma geçmektedirler. Küçük firmalar genelde 1,5 yıldan

önce kurulumu tamamlarken, bu süre büyük firmalarda çok daha uzayabilmektedir. Tablo 5.1’de KKP uygulamalarındaki maliyet dağılımı verilmiştir (Mabert ve diğ., 2001).

Tablo 5.1: KKP Sistemi Uygulamasının Maliyet Dağılımı

Maliyet Kalemi	Ortalama Maliyet	Aralık
Danışmanlık	%30	%20 - %60
Donanım / Altyapı	%25	%0 - %50
Uygulama Ekibi	%15	%5 - %20
Eğitim	%15	%10 - %20
Yazılım	%15	%10 - %20

Diğer bir araştırmada (Umble ve diğ., 2003), ortalama KKP uyarlama süresinin 23 ay olduğu ve uygulama sürecinin başarısına, planlanan zaman ve bütçe içerisinde tamamlanmasına da bağlı olarak uygulamadan 8 ay sonra verim alınmaya başlanıldığı belirtilmiştir.



Şekil 5.7 : KKP Sistemi Uygulamasının Getirileri

KKP uygulamaları firmayla beraber yaşayan sistemlerdir. Dolayısıyla KKP projeleri gerçekleştirilirken aynı zamanda firmanın geleceği de bir taahhüt altına alınmaktadır.

Çoğu uygulamada, KKP sistemi devreye alındıktan sonra sistemin firmaya ilk etapta sunduğu katma değer firma beklentilerinin altında kalmaktadır. Bununla beraber Şekil 5.7’de gösterildiği gibi KKP uygulamalarının uzun vadede firmaya sunduğu potansiyel oldukça önemli seviyelerde olabilir (Adam ve Sammon, 2004). Firmaların KKP uygulamalarından azami faydayı elde edebilmeleri için aşağıdaki hususları dikkate almaları gerekmektedir.

Bunların neticesinde firmaya en yüksek katma değeri sağlayacak KKP yazılımını seçmek doğru olacaktır (Macvitte, 2001).

- Kurumsal hedeflere uygunluk
- İş süreçlerine uygunluk
- Raporlama beklentileri
- Yazılım işlevselliğinin değerlendirilmesi
- Yazılımın teknik altyapısının ve mimari sisteminin değerlendirilmesi
- Mevcut işletim sistemi, donanım ve veritabanlarıyla uyumluluğu
- Uyarlama kapasitesi
- Web tabanlı uygulama desteği
- Teknik garanti süresi, yazılımın güvenilirliği ve güvenliği
- Yazılım fayda/maliyet analizi: lisans maliyeti, yıllık bakım gideri, danışmanlık ve eğitim maliyetleri

Yukarıda bahsedilen genel kurumsal işlevlerin yanında KKP sistemleri, uluslararası kuruluşlar için kritik önem taşıyan çoklu para birimi ve dil desteği ile birlikte petrol, kimya, bankacılık, otomotiv, havacılık, lojistik ve sağlık gibi özel iş süreçlerine sahip sektörleri de (Tablo 5.2) destekleyebilmektedir (O’Leary, 2000).

Kavramın temelinde “kurumsal” kelimesinin kullanılmasının sebebi, içeriğinin belirli bir hizmet veya ürün üretmeye yönelik faaliyet gösteren kurumların tüm fonksiyonlarına ve bu fonksiyonlara karşılık gelen firma beklentilerine cevap

verebilecek şekilde geniş ve/veya yapılandırmaya imkan tanıyan ölçeklenebilir sistemleri ifade ediyor olmasıdır. Firmaların içinde rekabet ettiği sektörlerin farklılığı dolayısıyla değişkenlik gösteren iş süreçleri gerçekleştirilecek uyarlamalar ve yapılandırmalarla firmaların beklentileri doğrultusunda özelleştirilebilir.

Tablo 5.2: Sektöre Özel KKP Çözümleri

Çözümler	Sektörler
Kamu Hizmetleri Çözümleri	Sağlık Sektörü Kamu Sektörü Yüksek Eğitim ve Araştırma
Tüketim Malları Çözümleri	Mağazacılık Tüketim Malları
Kesikli Üretim Sanayi Çözümleri	Havacılık ve Savunma Otomotiv Mühendislik ve İnşaat Yüksek Teknoloji
Proses Tipi Üretim Sanayi Çözümleri	Kimyevi Maddeler İlaç Sektörü Süt ve Süt Ürünleri Petrol ve Petrokimya
Araçlar ve İletişim Çözümleri	Medya – Basın Telekomünikasyon Su, Gaz, Elektrik Dağıtım
Mali Hizmetler Servis Sağlayanlar için Çözümler	Bankacılık Sigorta Servis Sağlayıcılar

Günümüzde KKP yazılım firmaları, tüm sektörleri hedef alan genel çözümlerinin yanı sıra, kuruluşu esnasında özelleştirilebilen bütünleşik standart yazılım paketleri üzerine yüklenen eklentileri kullanarak sektöre özel çözümler sunmaktadır. Sektörel çözümler çekirdek KKP uygulamalarının ilgili sektörün ihtiyaç ve dinamikleri doğrultusunda uyarlanmış ve genişletilmiş uygulamalardır. Sektörel çözümler KKP projelerinin çok daha kısa sürede uygulanabilmesine olanak sağlamakta ve KKP

projelerin başarıya ulaşma yüzdesini arttırmaktadır. Şekil 5.8, sektörel çözümlerin eklenti uygulamalar olarak çekirdek uygulamalara entegrasyonunu göstermektedir.



Şekil 5.8 : KKP Çekirdek Uygulamaları ve Eklentilerin Entegrasyonu

KKP sistemlerinin sunduğu çekirdek uygulamaların üzerine yüklenen sağlık eklentisi, sağlık kurum ve kuruluşlarının ihtiyaçlarına cevap vermek üzere geliştirilmiş sektörel bir çözümdür (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 : HBS Sektörel Çözümü ile KKP Çekirdek Bileşenleri Entegrasyonu

Kamu hizmetleri sektörü çözümleri arasında yeralan sağlık sektörü çözümü Hastane Bilgi Sistemi olarak da anılmaktadır. Çalışmaya konu olan Hastane Bilgi Sistemleri (HBS) ve işleyişi bir sonraki başlıkta detayları ile incelenecektir.

5.1 Hastane Bilgi Sistemleri

Günümüzde sağlık endüstrisindeki kurumlar gün geçtikçe artan rekabet ortamında, gerek hükümetlerin yeni uygulamaları ve yönerge değişiklikleri ile, gerekse de artan maliyetler ve yüksek kalitede hizmet talebi ile oldukça kuvvetli bir baskı ile karşı karşıya kalmıştır (Ransom ve diğ., 2004). Yeni pazar şartlarına adaptasyonun sağlanması, maliyetlerin düzenli ve açık bir şekilde ölçülmesi ve yönetilmesi şartlarına odaklanmıştır. Bununla birlikte, verilen sağlık hizmetindeki kalitenin artırılması, hasta ve çalışan memnuniyeti de bir sağlık kurumunun başarısını ifade edebilmek için gereken esaslar arasındadır. Sürekli değişen bir ortamda ayakta kalmaya çalışan bir sağlık kurumu maliyetleri düşürebilmek için, hastaya verdiği bakım ve hizmet kalitesinde performans kaybına uğrayabileceği gibi, bazı hastalar için sırf para kazanma odaklı olarak gereksiz operasyonlara ve harcamalara gidebilir. Bu durumu farkederek sigorta şirketleri, hastanede uzun süre kalışları ve maliyeti yüksek işlemlerin yapılmasını engelleyebilmek için kendilerine göre önlemler alabilir. Bu şartlar altında hastanenin ayakta kalabilmesi, değişikliklere en kısa zamanda adaptasyon sağlayabilmesi için bir yol bulması gereklidir.

Bugün, bilgisayar sistemleri her alanda olduğu gibi sağlık alanında da yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bir hastanede gerek duyulan tüm kayıtların el ile tutulması yerine bilgisayar ortamına aktarılması, hem işgücü açısından kazanç sağlamakta hem de hata yapma olasılığını en aza indirmektedir. Ayrıca bilgisayar ortamında tutulan her türlü bilgiye çok daha kolay ve hızlı bir şekilde ulaşma imkanı vardır. Bu avantajları nedeniyle bilgisayar sistemleri, sağlık sektöründe de kullanılmaya başlanmıştır (Tan, 2005).

Bir hastanenin yönetimi, mal ve hizmet esnasında oluşan mali, idari ve tıbbi süreçlerin öngörülen biçimde yürütülmesini sağlamak amacıyla kullanılan yazılım ve donanımların tümüne Hastane Bilgi Sistemi (HBS) denir. Başka bir deyişle; devlet, üniversite ve özel sektör hastaneleri için gerekli bütün yasal ve yönetsel işlevleri

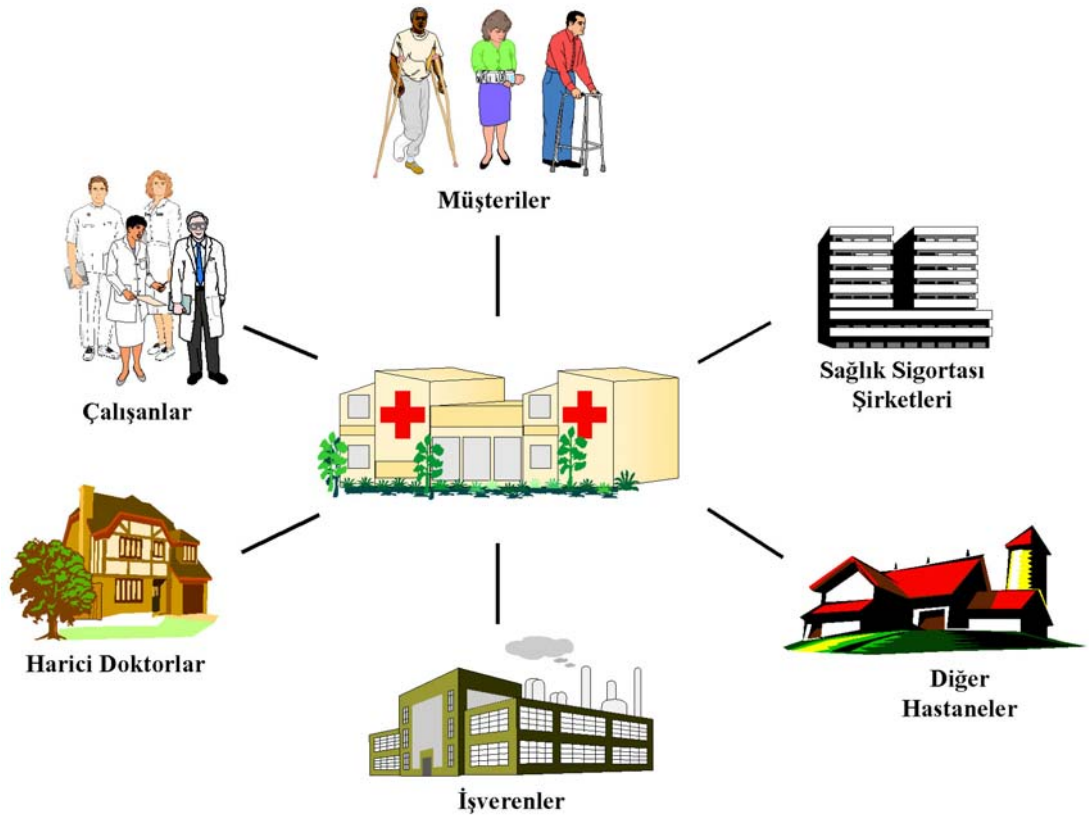
içeren, hizmet ve malzeme kaçaklarının önlenmesi, hastaların ve hastane personelinin işlerinin kolaylaştırılarak, işlem akışının hızlandırılması amaçlarını gözetken, yöneticilere çeşitli düzeylerde bilgi ve rapor sunan geniş kapsamlı ve çağdaş bir yönetim bilişim sistemi, karar destek sistemidir.

HBS'lerin faydaları; bilgi üretim hızı, miktarı ve kalitesinin artması, bilgi erişim hızının yükselmesi, karar verme sürecine katkı sağlanması, hız ve güvenilirlik artması, maliyetlerin azalması, personel verimliliğinin ve hasta memnuniyetinin artması olarak gösterilebilir. Hastane bilgi sistemleri, yukarıda bahsi geçen hastane genelindeki temel getiri ve iyileştirmeleri sağlamak üzere, aşağıda detaylandırılacak iş modelini ve bu bağlamda tanımlanmış rolleri bünyesinde barındırır.

HBS, yani hastane kaynak planlaması programında belli başlı kullanıcı rolleri arasında, hastanenin yönetici kademesi, eczane sorumlusu, mali işler sorumlusu, kodlama, tıbbi dokümantasyon ve istatistik sorumlusu sayılabilir. Hastane yöneticisi, hastanenin başarısını etkileyecek tüm stratejik ve operasyonel kararları veren, anahtar karar verici mekanizmayı temsil eder. Hastane yapısı, personeli ve hasta bakımının kalitesinden ve hastaya verilen hizmeti doğrudan etkileyen mali kaynaklardan sorumludur. Karar verebilmek için yöneticinin, gelir ve giderleri ölçebilen verilere ve araçlara, prosedürlere, anlaşmalara ve programlara ihtiyacı vardır. Hastane yapısı, istatistiksel raporlar, doluluk oranları, yıllık hasta maliyet ve hastane kalış süreleri, ödeme tarihleri vb.. bir yöneticinin ihtiyaç duyduğu veri ve araçlara örnek olarak gösterilebilir. Hastane mali işler sorumlusunun görevleri arasında, hastane tarafından verilen hizmetlerin getirileri ve mali değerlemelerinin yapılması, bölümlerin toplam getiriye katkı yüzdeleri, maliyet merkezleri ve maliyet nesneleri takibinin yapılması sayılabilir. Bu görevleri yerine getirebilmek için, hastaların kalış sürelerindeki değişimlere, hizmet ve getiri kontrol sonuçlarına, olgu maliyetlerinin analizine, plan/gerçekleşen karşılaştırma verileri gibi kaynaklara ihtiyaç duyar. Hastane eczane sorumlusu ise, hastaların tedavisinde kullanılacak ilaç, sarf malzemesi ve tüm sağlık teçhizatının sağlanması, önceden planlanması ve en uygun maliyetli malzemenin tüketilmesi gibi işlemlerden sorumludur. Mali merkezlere, olgu gruplarına, tanı gruplarına göre ilaç tüketimi analizlerini yapar. Bu işlevleri gerçekleştirebilmek için, olguya atanmış malzeme ve tüketim miktarları, mali merkez malzeme tüketimleri ve malzeme hareketleri gibi bilgilere ihtiyaç duyar.

Hastane kodlama, istatistik ve tıbbî dokümantasyon sorumlusu ise, doktorlar ve hemşireler tarafından sisteme girilen tıbbî verilerin yeterliliği ve doğruluğunu kontrol ve garanti eder, ayrıca tanı gruplama kodlarının bakımından ve kalite kontrolünden de sorumludur.

HBS'leri, rol tabanlı sınıflandırma dışında, gündelik akış içinde ilişki içinde olduğu kurumiçi ve kurumdışı ögelere göre de irdelenebilir. Bir hastane; çalışanlar, müşteriler, sağlık sigorta şirketleri, harici doktorlar, işverenler ve diğer hastaneler gibi iş ortaklarına sahiptir. Bu iş ortakları hastane ile iş ilişkisi içinde olan gerçek ya da tüzel bir kişiliği temsil eder (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 : Hastane Bilgi Sistemindeki Temel Roller

Çalışanlar için; doktorlar, eczacılar, hemşireler, hasta bakıcılar, ambulans şoförleri gibi sağlık personelleri sayılabileceği gibi, idari ve mali işlerden sorumlular, sekreterler, temizlik elemanları da örnek gösterilebilir. Bir hastanenin müşterileri ise, ayakta ya da yatarak tedavi olmak için gelen hastalardır. Sağlık sigortası şirketleri için özel ve devlete ait sigorta kurumları örnek gösterilebilir. Harici doktorlar, hastanede çalışan doktorlar bulunmadığı ya da yetersiz kaldığı durumlarda

kullanılabilecek kaynaklardır. Diğer hastaneler, hastanenin kendi kaynakları yetersiz kaldığı durumlarda, hastanın tedavisini en iyi şekilde gerçekleştirebilmek için sevk edeceği, daha fazla teçhizat ve imkana sahip sağlık kuruluşu olarak açıklanabilir. İşveren ise hasta ana verilerine ait, hastanın çalıştığı kurum hakkındaki bilgileri içerir, hastanın başına gelebilecek herhangi bir kaza durumunda devreye girecek kaza sigortasını sağlayacak meslek odasını tanımlar. Bir hastane bilgi sisteminde bu iş ortaklarının hepsi birer anaveriyi temsil eder. Bu anaveriler, sistemin ilk kurulumundan sonra, gerekli uyarlamaların tamamlanmasından sonra toplu halde yaratılır ve daha sonra gerektiği durumlarda güncellenir, silinir veya yenileri ile değiştirilir.

HBS'leri, daha kapsamlı ve kolay sağlık hizmeti verebilmek için bünyelerinde farklı yardımcı sağlık sistemleri de barındırabilir. Bunlara örnek radyoloji bilgi sistemleri ve resim arşivleme ve iletişim sistemi verilebilir.

Bir hastalığa tanı konması, en az tedavi kadar önemli bir aşamadır, başarılı bir tedavi ancak doğru tanı konulduğunda gerçekleşebilir. Bu açıdan bakıldığında, radyolojik görüntülemenin tanı yöntemleri içinde ayrı bir önemi vardır. Dijital radyografi ile elde edilen panoramik görüntüler büyütülebilmekte, üzerinde çeşitli görüntü işleme (Image Processing) işlemleri yapılmakta ve özellikle belli bir bölgeye odaklanarak daha detaylı görüntüler elde edilebilmektedir. Dijital radyografi bu özelliği ile hastanın en düşük miktarda radyasyon almasını ve hızlı bir şekilde teşhisinin konmasını sağlar. Doktorlara ise detaylı görüntü ve zamandan tasarruf olanağı verir.

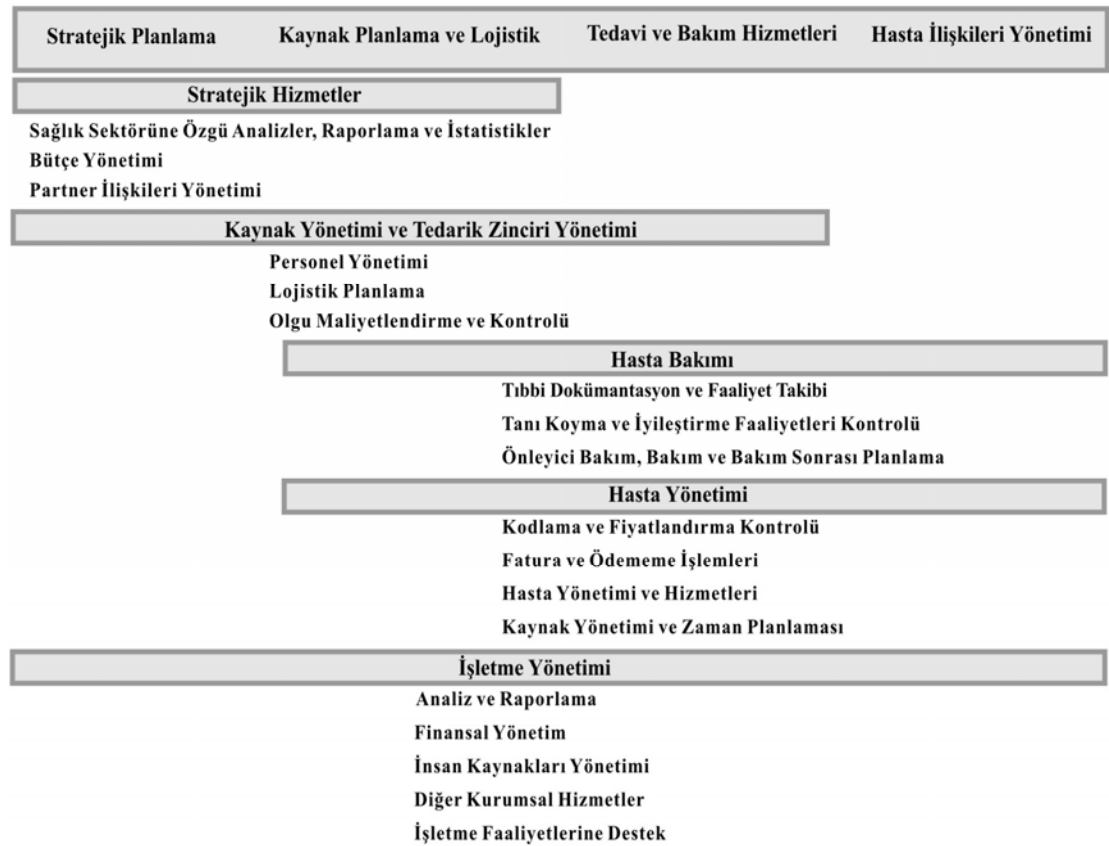
Zamanla hastaların tıbbi bilgilerini arşivleyen ve doktorun karar mekanizmasına destek veren entegre sistemler uygulanmaya başlanmıştır. Bunlardan en önemlisi de RAİS diye bilinen “Resim Arşivleme ve İletişim Sistemi”dir. RAİS sistemi, tanı amaçlı görüntüleme cihazlarından elde edilen görüntüler ve bunlara ait bilgi (örneğin, hastanın demografik bilgileri) ile görüntülerin elektronik ortamda etkin bir şekilde yönetilmesi amacıyla geliştirilmiştir. RAİS sistemleri dijital görüntülerin ayrıca tanı, raporlama, konsültasyon amaçlı olarak hem yerel hem de uzak iş istasyonlarından en etkin şekilde incelenmesini sağlayan merkezi sistemlerdir. Bu sistemde görüntüler, filmlerde olduğu gibi aynı kalitede ve üzerinde işlem yapılabilir özellikte saklanmaktadır. Böylece hastalar hekim kontrolüne gittiklerinde yanlarında film taşımak zorunda kalmazlar. Filmler zaman içinde nem, güneş ışığı gibi çevresel

koşullar nedeniyle deforme olabilir. Oysa dijital görüntüler her zaman en kaliteli şekliyle saklanırlar. Hastanın önceki görüntüleri ile daha sonra kaydedilen görüntüleri bilgisayar ortamında karşılaştırmalı olarak incelenebilir. Böylece değerlendirmede daha başarılı sonuçlar elde edilebilir.

HBS'nin bir sağlık kurumu için sağladığı kazanımları başlıklar halinde sıralayabiliriz (Şekil 5.11):

Kaynak ve zaman planlama: Ayakta hasta ve yatan hasta klinikleri ve bakım alanlarının, randevu sistemi, bekleme listeleri, yatak tahsis planlaması kullanılarak optimum şekilde kullanımı sağlanır.

Hasta yönetimi ve hizmetleri: Hasta anaveri, muayene ve demografik kayıtlarının bakımının kolay ve sade bir biçimde yapılması sağlanır. Hastalar ve diğer sağlık kuruluşları ile iletişim ve koordinasyonu kurup, kurumiçi ve kurumdışı süreçleri düzene koyar.



Şekil 5.11 : Hastane Bilgi Sistemindeki Temel Modül ve Süreçler

Tıbbi dokümantasyon ve faaliyetler : Sistemde, tanılarının, taleplerinin, faaliyetlerinin, verilen hizmetlerin daha etkin ve doğru kayıtlarının tutulmasıyla; maliyetlerinin, getirilerinin hesaplanmasında, faturalarının doğru hazırlanmasında güvenilir bir bilgi ortamı hazırlanmış olur.

Önleme, bakım ve bakım sonrası planlama : Bir yatan hastaya tüm kalış süresi boyunca kapsamlı bir bakım ve farklı kliniklerde de yapılacak kontrollerle hastalık önleme ve ek tedavi işlemleri ile hastaneyi terk ettikten sonra da iletişim kurup bakım sonrası planlamalar ve kontrollerin yapılması gibi hizmetlerin sunulması sağlanır.

Kodlama ve fiyatlandırma kontrolü : Temel tıbbi hizmet verilerinin kodlanıp sistemde düzenli ve birbiriyle uyumlu bir şekilde saklanmaya başlanması ile kaliteli ve titiz bir çalışma düzeni ve bu çalışma düzeninin getirdiği şeffaflık ve güvenilirlik sağlanmış olur. Böylelikle fiyatlandırma kontrol işlemleri daha etkin ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Olgu maliyetlendirme ve kontrolü : Güncel maliyetlerin doğrudan olguya ataması yapılarak (olguya tabanlı siparişler) daha karlı alanlara odaklanmayı ve bu sayede planlanan ve güncel maliyetlerin karşılaştırmasını yapıp ileride açılacak olguların maliyetlerine önceden düzenleyici ve destekleyici önlemlerin alınmasını sağlar.

Fatura ve ödeme işlemleri : Entegre bir kontrat ve fatura yönetimi ile; alacaklı ve borçlularla iletişim, otomatik talep işleme, vb... aracılığıyla muhasebe süreçlerinin bir düzene konulması ve iyileştirilmesi, iletişim masraflarının azaltılması ve hizmet ve işlem maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmış olur.

Bütçe yönetimi : Planlama amaçlı olarak kullanılacak bütçe simülasyonları ve kolay anlaşılır özet verilerle operasyonel kontrol imkanı sağlar.

Personel yönetimi : Sistemde doğru ve detaylı personel verilerinin tutulması, kaynak optimizasyonu, personel verilerine kolay erişim, personel vardiya ve nöbet planlaması ile; kısa, orta, uzun vadeli planlama ve bütçe planlamalarında karar verme sürecinde iyileştirmeler sağlanır.

Lojistik destek : Hastane içinde kullanılan tüm malzeme ve diğer sarf ürünlerinin sistemde düzgün, eksiksiz ve hatasız olarak tanımlanması ve envanterinin sıkı bir

şekilde takip edilmesiyle gerek depolama ve tedarik maliyetlerinin düşürülmesi, gerekse de ihtiyaç ve tüketim konularında da şeffaflık sağlanır.

Sağlık sektörüne özgü analizler, raporlama ve istatistikler : Sağlık sektörüne özgü analizler, kar/zarar analizleri yardımı ile hastalara verilen hizmet ve tedavinin stratejik planlaması ve ihtiyaç planlamalarının yapılması sağlanır.

Partner ilişkileri yönetimi : Hastalar, borçlular, alacaklılar, tedarikçiler, satıcılar, vb... iş ortakları hakkındaki bilgiler sistem içerisinde detaylı ve rahat erişilebilir bir biçimde saklanarak iletişim, koordinasyon ve delegasyon konularında kolaylıklar sağlanabilir.

Kurum yönetimi ve destek : İşletmeye ait finans yönetimi, insan kaynakları yönetimi ve diğer kurumsal hizmetlerin etkin, entegre ve merkezi bir şekilde yönetimine imkan sunar.

Özet olarak Hastane Bilgi Sistemleri, sağlık sektörünün ihtiyaçlarına göre donatılmış ve genişletilmiş Kurumsal Kaynak Planlama sistemleridir. HBS ve bu sistemlerin parçalarını oluşturan ek sistemler bir sağlık kurumunun sorunsuz, kaliteli ve hızlı hizmet sunabilmesi için gerekli altyapıyı sağlamakla beraber bu kurumlara finansal anlamda da birçok katkı sağlamaktadır. Bir sonraki bölümde ülkemizde sağlık sektöründe hizmet veren bir sağlık kurumunun önümüzdeki dönemlerde ele alacağı HBS uygulaması projesinin gerek geleneksel analiz yöntemleri gerekse de reel opsiyon yaklaşımı kullanılarak bünyesinde bulundurduğu stratejik ve yönetsel esnekliklerin değerlemesi üzerine çalışılmıştır.

6 HASTANE BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMASI

Bu bölümde Türkiye’de sağlık sektöründe faaliyet gösteren ABC Hastaneler Grubunun önümüzdeki dönemlerde ele alacağı Hastane Bilgi Sistemi (HBS) uygulaması yatırımının değerlemesi yapılacaktır. Uygulamada kullanılan çeşitli veriler, proje süresince oluşması öngörülen hasta sayıları, ilgili dönemlere ait gelir ve gider kalemleri ve değerlemesi yapılan HBS sistemine ait çeşitli maliyetler, işletme açısından stratejik önem taşımakta ve gelecek dönemlere ait vizyon ve beklentilerini yansıtmaktadır. Dolayısıyla, hastane yönetiminin isteği doğrultusunda çalışma boyunca ilgili hastaneler grubu ABC Hastaneler Grubu olarak anılacaktır.

ABC Hastanesi yönetimi, günümüz rekabet koşullarında hastalarına daha hızlı ve kaliteli bir hizmet sunabilmek, müşteri portföyünü genişletmek ve hastane kaynaklarını daha etkin kullanabilmek amacıyla bir HBS yazılımı arayışına girmiştir. HBS’ler sağlık sektörü ve bu sektörde hizmet veren kuruluşların ihtiyaçlarını karşılamak üzere Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) sistemlerinin çekirdek modülleri üzerine kurulan sektörel çözümlerdir. Bu sistemlerin kurumlara finansal anlamda sağladığı birçok fayda olmasına karşın, gerek KKP sistemleri gerekse de bu sistemlerin sağlık sektörüne özel uyarlaması olan HBS’ler maliyetleri oldukça yüksek olan yatırımlardır. ABC Hastanesi yönetimi, HBS uygulaması projesinin bünyesinde barındırdığı stratejik ve yönetsel esnekliklerin değerlemesini yapabilecek bir yaklaşım arayışına girmiştir.

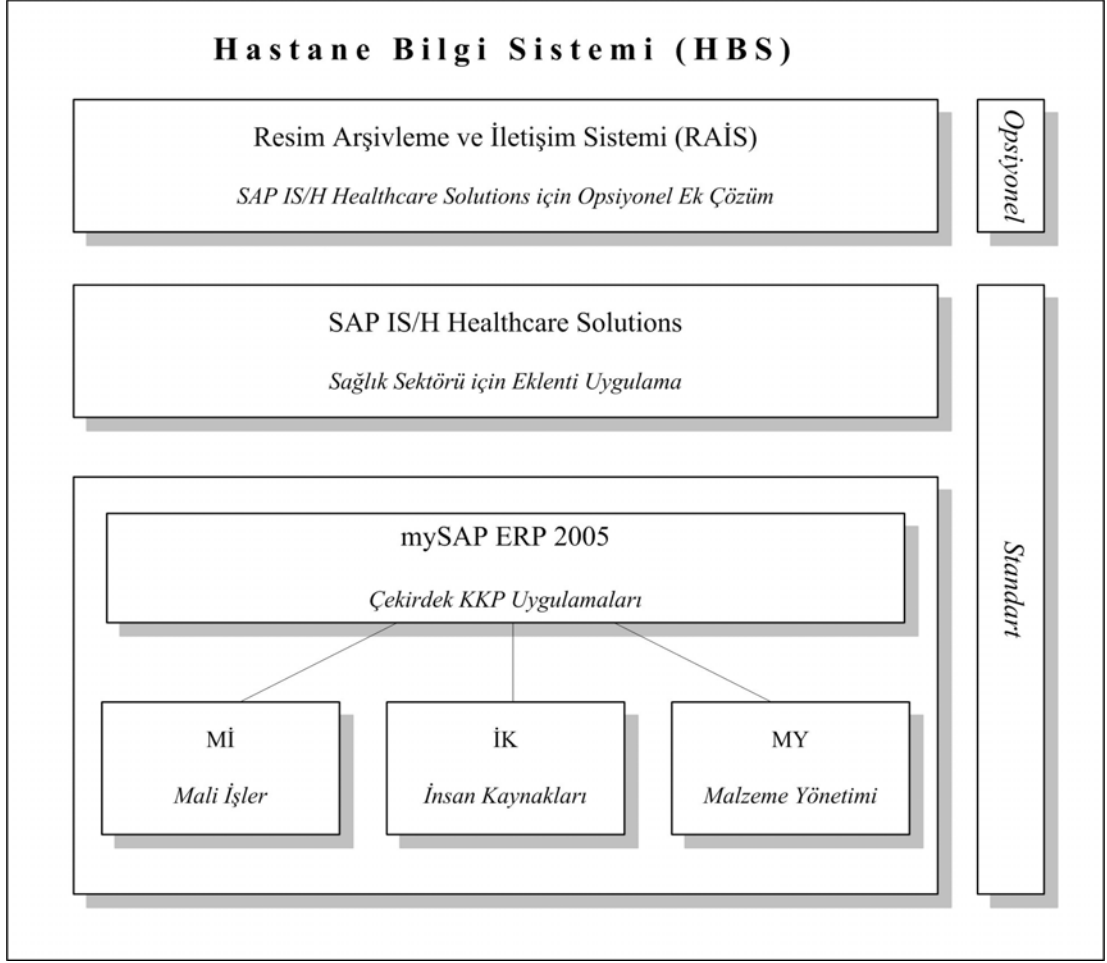
HBS seçimi, bu sistemlerin temeli olan KKP sistemlerinin seçimi ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. Dolayısıyla KKP sistemi seçiminde kullanılan yaklaşımlar kolayca sağlık sektörü ihtiyaçlarına göre uyarlanıp HBS seçiminde de kullanılabilir. Temelde, KKP sistemlerinin seçimi çok ölçütlü karar verme problemleri olduğundan ekonomik kıstaslar dışında, KKP sisteminin tedarik edileceği firmanın sunduğu yazılımın işlevselliğinin işletmeye uygunluğu, alınacak yazılımın teknolojisi ve teknik altyapısı, aynı sektördeki diğer referansları ve uygulama sürecindeki danışmanlık hizmeti sunacak kadrosu da önem kazanmaktadır (Kremzar ve Wallace,

2001). KKP paketlerinin seçimi ve seçim ölçütlerini konu alan detaylı literatür araştırması Wei ve Wang'ın (2004) çalışmalarında mevcuttur.

HBS ve KKP sistemleri arasında benzerlikleri temel alan ABC Hastanesi yönetimi uzman ve idari kadroları, detaylı bir pazar araştırması ve ilgili teknik ve fonksiyonel çalışmaların sonucunda belirlenen aday yazılımlar arasından mySAP ERP 2005 paketini ortak kararla benimsemişlerdir. Sağlık sektörünün ihtiyaçlarına daha iyi cevap verebilmek adına SAP firmasının benzer projelerde olgunlaştırdığı ve bu alanın dinamiklerine göre şekillendirdiği endüstriyel bir çözüm olan IS/H Healthcare Solutions ek paketi de (sağlık sektörü eklentisi) bu proje kapsamına alınacaktır (Şekil 6.1). IS/H Healthcare Solutions ek paketi günümüz standartlarında her ölçekte sağlık kurumunun kullanabileceği, sektörde kabul görmüş bir hastane bilgi sistemidir. SAP sağlık sektörü çözümüyle ABC Hastaneleri Grubu; Türk vergi tüzük ve mevzuatına uygun, tamamıyla Türkçeleştirilmiş bir sistemi hastanenin idari personelinin kullanımına sunacaktır. Öte yandan, standart HBS paketlerinin sunduğu raporlama yetenekleri, süreç iyileştirmeleri ve kaynakların kullanımı optimizasyonları dışında, sektöre özel, hastanede halihazırda mevcut ve ileride edinilmesi düşünülen yüksek teknoloji ürünü her türlü röntgen, MR ve laboratuvar tanı ve teşhis cihazlarıyla tam entegre bir yazılım edinilmiş olacaktır.

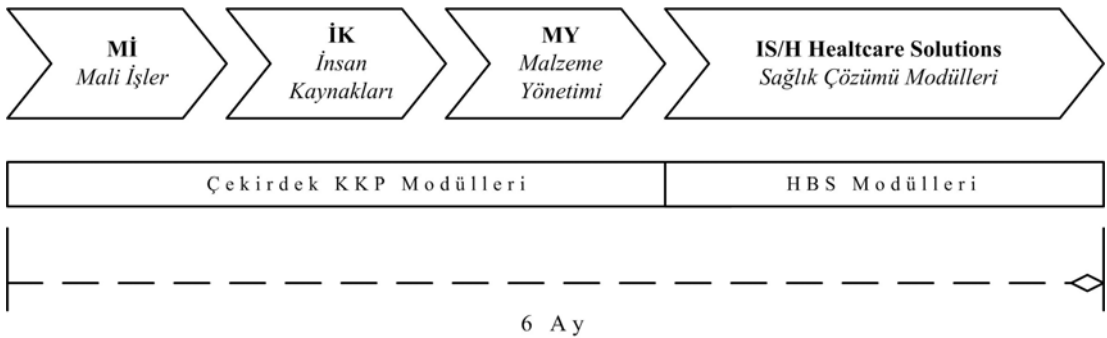
ABC Hastanesi yönetimi konu edilen HBS uygulaması yatırımını önümüzdeki iki yıl boyunca uygun şartların oluşması durumunda gerçekleyecektir. Uygun şartların oluşması durumunda HBS projesi, ABC Hastaneleri Grubuna ait hastane ve polikliniklerde mySAP ERP 2005 ve IS/H Healthcare Solutions ek paketinin sunduğu standart özellikler kapsamında gerçekleştirilecektir (Şekil 6.1).

Ayrıca SAP IS/H Healthcare Solutions paketi yine sağlık sektörüne özel opsiyonel ek çözümleri bünyesinde barındırmaktadır. Bu opsiyonel çözümler uygun görüldüğünde projenin ilerleyen aşamalarında belirli bir lisans ücreti karşılığında mevcut yazılımın üzerine kurulabilmektedir. Bu bağlamda ABC Hastanesi yönetimi, gelecekte oluşacak olumlu şartlara göre opsiyonel bir çözüm olan Resim Arşivleme ve İletişim Sistemini (RAİS) arzu ederse HBS uygulamasının üzerine ekleyebilecek ve böylelikle mevcut projenin kullanım alanını genişletecektir. Şekil 6.1'de HBS uygulamasının yapısı ve HBS yazılımını oluşturan temel modüller arası ilişkiler gösterilmiştir.



Şekil 6.1 : HBS Uygulamasının Yapısı

Sistemin tam olarak kullanıma geçmesi için 6 aylık bir uygulama süresi belirlenmiştir (Şekil 6.2). Projenin gerçekleştirilmesinde aşamalı bir uygulama (rollout implementation approach) yaklaşımı benimsenmiştir. Dolayısıyla, bu süre zarfında HBS yazılımını oluşturan temel modüller topluca tek seferde değil, sırasıyla ve aşamalı olarak kullanıma alınacaktır.



Şekil 6.2 : HBS Projesi Uygulama Takvimi

Bu anlamda öncelikli olarak sistemin çekirdek işlevselliğini sağlayan; mali işler modülü (Mİ), insan kaynakları modülü (İK) ve malzeme yönetimi modülleri (MY) hayata geçirilecektir. Bu çekirdek modülleri takiben sağlık çözümünü oluşturan sektöre özel ek modüller kullanıma geçecektir. HBS projesini değerlemek için kullanılan model sistemin hastane geneline sağlaması umulan iyileşmeleri, 6 aylık uygulama süresinin sonunda tüm modülleriyle çalışır hale gelince sunabileceğini varsaymaktadır.

Yukarıda ve çalışmanın daha önceki bölümlerinde söz edilen gerek işletme genelindeki gerekse de sağlık sektörüne özel tüm bu iyileştirmelerin, yüklü bir mali portresi bulunmaktadır. Günümüz koşullarında bu çapta yatırımların maliyeti milyon dolarlar mertebesinde şekillenebilmektedir. Bu maliyetler ise bu türde bilişim yatırımlarının ekonomik olarak doğrulanmasını oldukça güçleştirmektedir. Bu anlamda ABC Hastanesi yönetimine, projenin karlılığını irdelemek üzere geleneksel değerlendirme yöntemleriyle ve reel opsiyon yaklaşımıyla yapılan analizler sunulmuştur. Bir sonraki bölümde, HBS projesinin; geleneksel yöntemler arasında yaygın bir kullanımı olan Net Şimdiki Değer (NŞD) yöntemiyle değerlemesi için önerilen model ve bu modelin temel parametreleri anlatılacaktır.

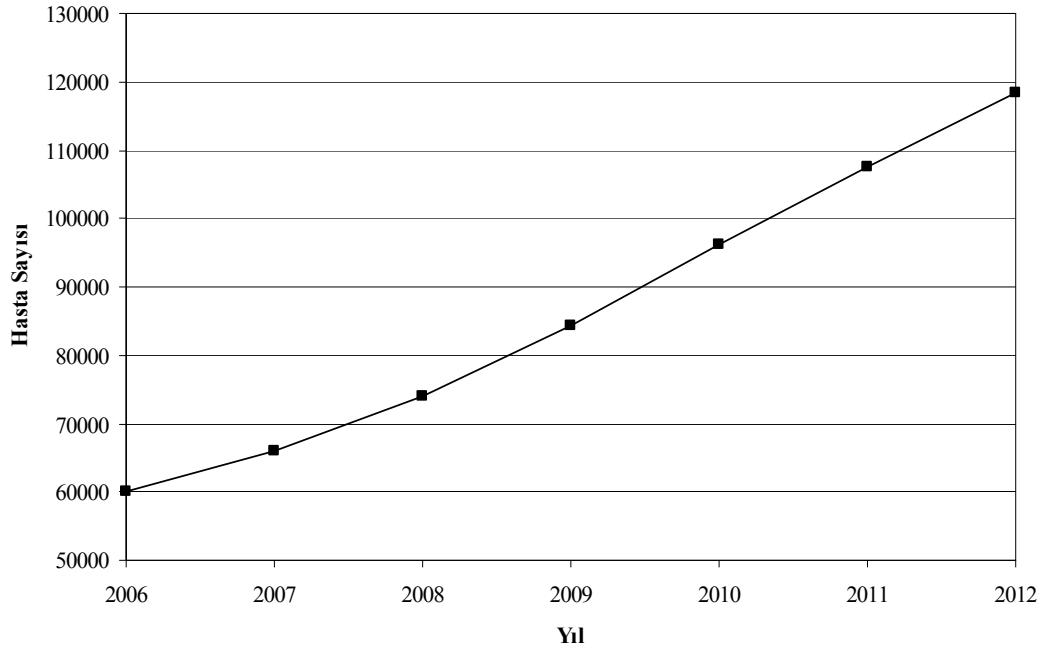
6.1 NŞD Yöntemiyle Projenin Değerlemesi

HBS projesinin süresi 4 yıl olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla proje bu 4 yıl süresince oluşturacağı gelirler ve giderler kapsamında incelenecektir. Her yıl 12 adet alt dilime bölünmüş ve tüm nakit akışları aylık detayda incelenmiştir.

Kurulan değerlendirme modelinde kullanılan tüm parasal büyüklükler Amerikan doları cinsinden ifade edilmiştir. Geçmiş dönemlerde oluşan nakit akışları ilgili döneme ait döviz kuru kullanılarak Amerikan dolarına çevrilmiştir. Proje değerlendirme süreci boyunca oluşacak nakit akışları proje yönetimince öngörülen ağırlıklı ortalama döviz kuru kullanılarak Amerikan dolarına dönüştürülmüştür.

Modelde ele alınan hasta sayılarıyla ilgili tahminler ABC Hastanesinin; geçmiş dönemdeki hasta sayılarına, sektörel beklentilere, kapasite kullanım oranlarına ve HBS uygulaması çerçevesinde ulaşılması düşünülen süreç iyileştirmelerine dayanılarak yapılmıştır.

Şekil 6.3'te ABC Hastanelerinin HBS projesi kapsamındaki hastane ve polikliniklerine gelmesi düşünülen hastaların tahmini sayıları yıl detayında verilmiştir. Yıllık detayda verilen tahmini hasta sayıları daha sonra aylık detaya indirgenmiş ve elde edilen dönemlik hasta sayıları kurulan değerlendirme modelinde $Hasta(\cdot)$ ile ifade edilmiştir.



Şekil 6.3 : Yıllara Göre Hasta Sayıları

Oluşturulan modelde HBS yatırımının getirilerini ölçmek üzere, mevcut nakit akışında oluşması umulan iyileşmeler ve HBS yatırımının maliyetleri karşılaştırılmıştır. Sağlık sektöründeki kurumların gelirlerinin büyüklüğünü ölçmek üzere, diğer hizmet sektörü örneklerinde olduğu gibi, dönemlik hasta sayısı $Hasta(\cdot)$ ve hasta başına ortalama karlılık π rakamları temel alınmaktadır.

ABC Hastanesi de bu bağlamda oluşması umulan net gelirlerin tahmininde bu değişkenleri temel almış ve bu denkleme HBS uygulaması sonrasında oluşması beklenen hastane geneli iyileşmelerini yansıtan $Imp(\cdot)$ parametresini eklemiştir.

Tablo 6.1'de, HBS uygulaması sonrası hastane genelinde elde edilmesi umulan bu iyileşmelerin kaynakları kategorize edilerek sunulmuştur. İyileşmelerin ana

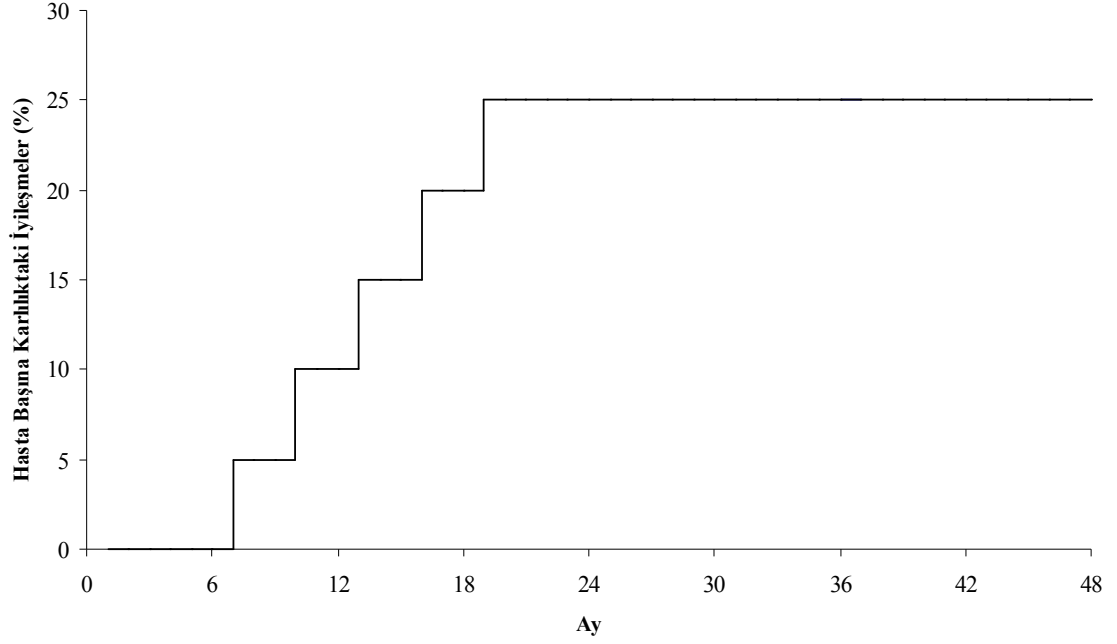
kalemleri, hem yurtiçi hem de yurtdışı emsal projelerde edinilen tecrübeler temel alınarak öngörülmüştür.

Tablo 6.1: Hastane Geneli İyileşmelerin Kaynakları

Kategori	İyileşmeler
Kaynakların Kullanımı	Kurum içi ve kurum dışı doktor, hemşire, sağlık personeli ve hasta bakıcıların etkin bir şekilde yönetimi Hasta kabul, hasta muayene ve hasta taburcu etme gibi kritik süreçlerin sürelerinin azaltılması Yatak, ameliyathane, muayene odası ve tıbbi cihazların kullanımının daha etkin planlanması
Bilgiye Erişim	Tıbbi dokümanlara ve hasta kayıtlarına etkin ve hızlı erişim Kayıtların elektronik ortamda saklanması ve arşivleme maliyetlerinin azaltılması
Hastane Yönetimi	Etkin planlama ve kurumsal raporlama Doktor ve diğer sağlık personeli için performans raporlama Sosyal güvenlik kurumlarının ve sigorta şirketlerinin zorunlu hale getirdiği standartların karşılanması Hizmetlerin doğru şekilde maliyetlendirilmesi
Hizmet Kalitesi	Müşteri ilişkilerinin ve hizmet kalitesinin artırılması
Personel	Mevcut idari personelin daha verimli çalışması İdari personel sayısının azaltılması
Envanter ve Stok Kontrol	Etkin stok kontrolü ve mevcut envanter seviyesinde azalma
Tedarik Süreçleri	Tedarik süresinin kısılması ve maliyetlerinin azalması

Bu bilgiler ışığında HBS projesi yönetimi, ABC Hastaneleri Grubunun kendi finansal dinamiklerini, hasta profillerini, sektördeki payını, kaynak kullanım oranlarını ve gelecek dönemlere ait projeksiyonlarını da gözönüne alarak $Imp(\cdot)$ parametresinin olası değerini hesaplamıştır.

Zamana bağlı olarak değişen $Imp(\cdot)$ parametresinin değerinin projenin ilerleyen aylarında sistemin kullanımının yaygınlaşması ve kullanıcıların sistemi daha etkin kullanır hale gelmesinin sonucu olarak artması umulmaktadır (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 : HBS Uygulaması Süresince Hasta Başına Karlılıktaki İyileşmeler

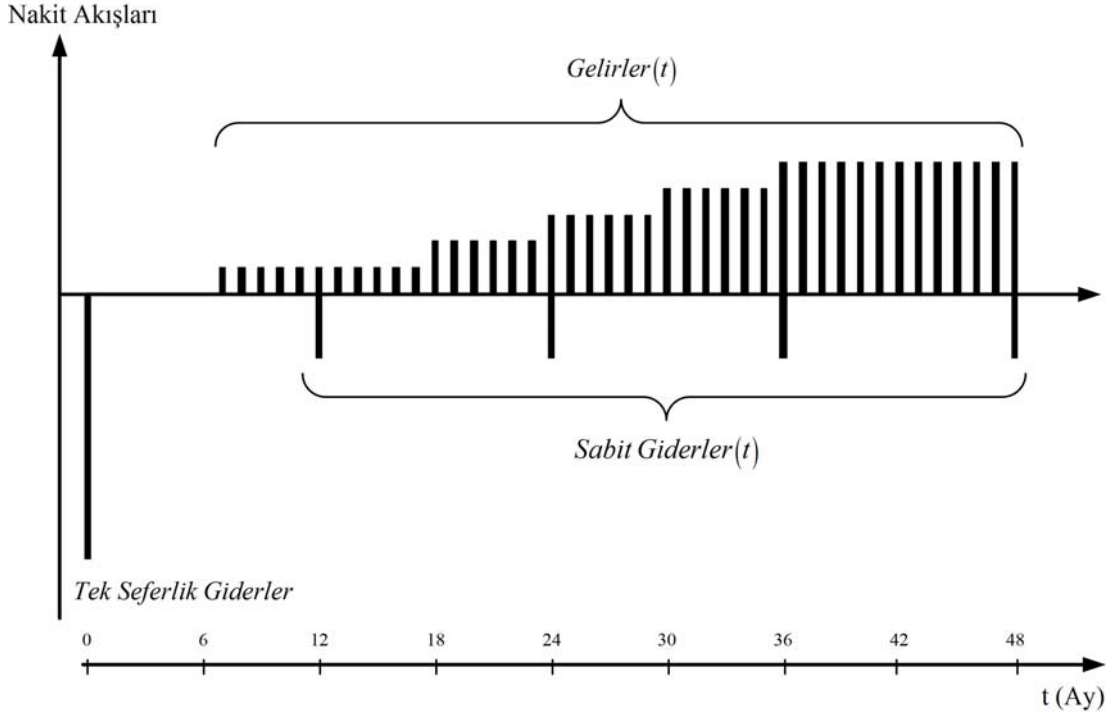
NŞD değerlendirme yöntemine göre HBS projesinin değeri aşağıdaki denklemle ifade edilebilir;

$$N\dot{S}D(\text{HBS Prj.}) = \dot{S}D(\text{HBS Prj. Gelirler}) - \dot{S}D(\text{HBS Prj. Giderler}) \quad (6.1)$$

HBS projesinin değerlemesi için sırasıyla; önce projenin sağladığı hastane genelindeki iyileşmelerden doğan proje gelirlerini, ardından projenin maliyetini şekillendiren unsurların ŞD'leri hesaplanacaktır. Şekil 6.5'te projeye ait nakit akışları aylık detayda gösterilmiştir. Projenin sağlayacağı gelirlerin ay sonlarında oluşan nakit akışları şeklinde ifade edilebileceği varsayılmıştır. Projeye ait sabit giderlerin ise ilgili mali yılın sonunda oluşacak eşdeğer yıllık nakit akışıyla ifade edilebileceği varsayımı yapılmıştır.

HBS uygulaması sonrası, ABC hastanesi için beklenen gelirler aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir:

$$\dot{S}D(\text{ABC Hastanesi Gelirler}) = \sum_{t=0}^N \left(\frac{\pi \cdot Hasta(t) \cdot (1 + Imp(t))}{(1 + (r_f + r_e)/12)^t} \right) \quad (6.2)$$



Şekil 6.5 : HBS Projesinin Nakit Akışları

Denklem (6.2)'de görüldüğü üzere HBS uygulaması sonucu hastanenin beklenen gelirlerinin $(1 + Imp(t))$ 'lik bir artış göstermesi umulmaktadır. Dolayısıyla bu artışın HBS uygulaması sonucu elde edilen hastane geneli iyileşmelerden kaynaklanan kısmı aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir:

$$\mathcal{SD}(\text{HBS Prj. Gelirler}) = \sum_{t=0}^N \left(\frac{\pi \cdot Hasta(t) \cdot Imp(t)}{\left(1 + (r_f + r_e)/12\right)^t} \right) \quad (6.3)$$

Burada,

$\pi = \$36$ (hasta başına ortalama kar),

$T = 4$ yıl (yatırımı değerlendirme döneminin uzunluğu),

$N = 48$ (alt dönem sayısı),

$Hasta(t)$: t. dönemdeki hasta sayısı (Tablo A.1),

$Imp(t)$: t. dönemdeki hasta başına ortalama kardaki iyileşme (Tablo A.2),

Burada, $t \in [0, \dots, N]$

$r_f = \%5$ (risksiz getiri oranı),

$r_e = \%4$ (enflasyon oranı).

Hasta başına ortalama kar π değeri, ABC hastanelerinin geçmiş 2000-2006 yılları arasındaki hasta sayıları, konsolide ve hastane detaylı yıllık ciro ve net karlarının bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Değerleme ufku boyunca dolar para birimi için risksiz getiri oranı r_f ve enflasyon oranı r_e 'nin sabit olduğu varsayılmıştır.

HBS uygulamasının olası gelirlerini yukarıdaki gibi tanımladıktan sonra, projenin gerçekleştirilmesi için muhtemel maliyetler hesaplanmıştır. Bu maliyetleri iki ana başlık altında toplayabiliriz:

- Tek seferlik maliyetler
- Yıllık bakım maliyetleri

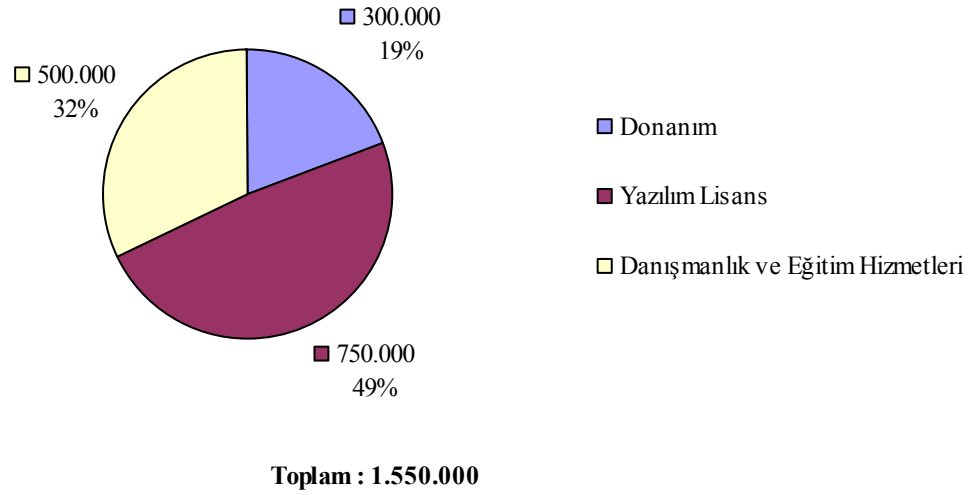
Tek seferlik maliyetler yatırım kararının alındığı anda oluşan bir sefere mahsus maliyetlerdir. Tek seferlik maliyetler üç temel kalemden oluşmaktadır;

- Yazılım lisans maliyetleri
- Donanım maliyetleri
- Danışmanlık ve eğitim hizmetleri maliyetleri

Tablo A.3'te ABC Hastaneler Grubu HBS projesi için oluşan bir seferlik maliyetler ve alt detayları gösterilmiştir (Şekil 6.6).

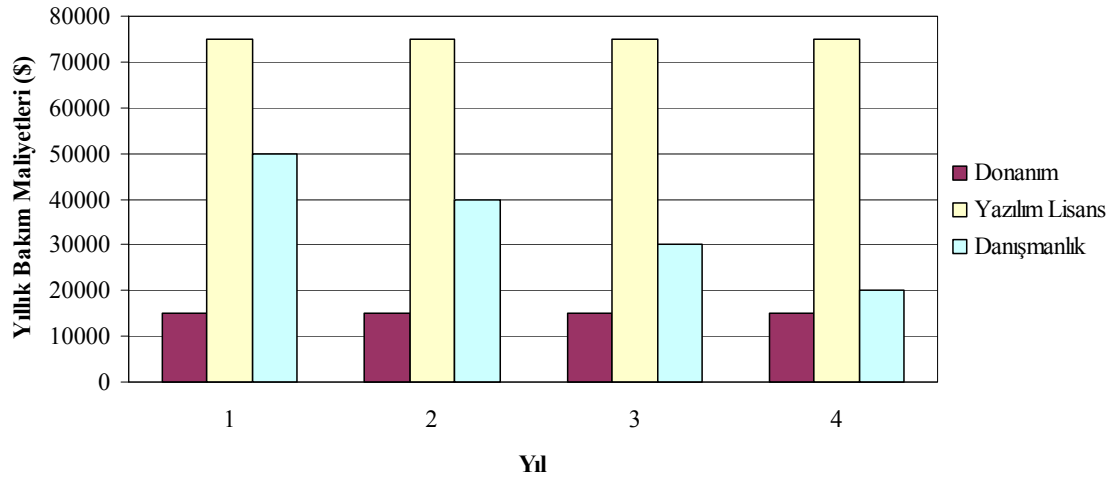
Bakım maliyetleri ise, projenin 4 yıllık değerlendirme ömrü boyunca oluşacak ve üç alt kategoride tanımlayabileceğimiz yıllık giderlerdir:

- Donanım bakım giderleri
- Yıllık yazılım lisans ücreti (yeni sürüm, yamalar ve teknik destek için)
- Danışmanlık giderleri



Şekil 6.6 : Tek Seferlik Maliyetlerin Yüzdesel Dağılımı

Daha önceki benzer projelerden edinilen tecrübeler; bu yıllık, üç gider kaleminin de bir seferlik maliyetlerinin yüzdesi olarak ifade edilebileceğini göstermiştir (Tablo A.4). Şekil 6.7’de proje değerlendirme süresi boyunca oluşacak olası yıllık eşdeğer bakım maliyetleri gösterilmektedir (Tablo A.5).



Şekil 6.7 : Yıllara Göre Bakım Maliyetleri

HBS projesi için beklenen maliyetlerin ŞD’si aşağıdaki ifade ile gösterilebilir:

$$\text{ŞD}(\text{HBS Prj. Giderler}) = \text{Tek Seferlik Giderler} + \sum_{i=1}^T \frac{\text{Yıllık Bakım Giderleri}(i)}{\left(\left(1 + \frac{r_f + r_e}{12} \right)^{12} \right)^i} \quad (6.4)$$

Burada,

$$\text{Tek Seferlik Giderler} = DM + YL + DH$$

$$DM = SDM + PCDM$$

$$\text{Yıllık Bakım Giderleri}(i) = DMB(i) + YLB(i) + DHB(i)$$

DM : Donanım Maliyetleri

SDM : Sunucu Donanım Maliyetleri

$PCDM$: PC Donanım Maliyetleri

YL : Yazılım Lisans Ücretleri

DH : Danışmanlık Hizmetleri

$DMB(i)$: i. yıldaki Donanım Bakım Maliyetleri

$YLB(i)$: i. yıldaki Yıllık Lisans Ücreti

$DHB(i)$: i. yıldaki Danışmanlık Hizmetleri

Burada, $i \in [1, \dots, T]$

HBS projesine ait gelir ve giderlerin ŞD'lerini ana NŞD ifadesine yerleştirince aşağıdaki ifade elde edilir:

$$N\text{ŞD}(\text{HBSPrj.}) = \sum_{t=0}^N \left(\frac{\pi \cdot Hasta(t) \cdot Imp(t)}{\left(1 + (r_f + r_e)/12\right)^t} \right) - \left(DM + YL + DH + \sum_{i=1}^T \frac{DMB(i) + YLB(i) + DHB(i)}{\left(\left(1 + \frac{r_f + r_e}{12}\right)^{12} \right)^i} \right) \quad (6.5)$$

ABC Hastanesi yönetiminin yaptığı geleneksel NŞD analizi, projenin mevcut şartlarda negatif bir değere sahip olduğundan reddedilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Tablo 6.2’de HBS projesi için yapılan NŞD analizi sonuçları proje gelirleri ve giderleri detayında verilmiştir.

Tablo 6.2: HBS Projesi NŞD Analizi Sonuçları

ŞD(HBS Projesi Toplam Gelirler)	\$1.792.348
ŞD(HBS Projesi Toplam Giderler)	\$1.955.196
NŞD(HBS Projesi)	\$-162.848

6.2 Reel Opsiyon Yöntemiyle Projenin Değerlemesi

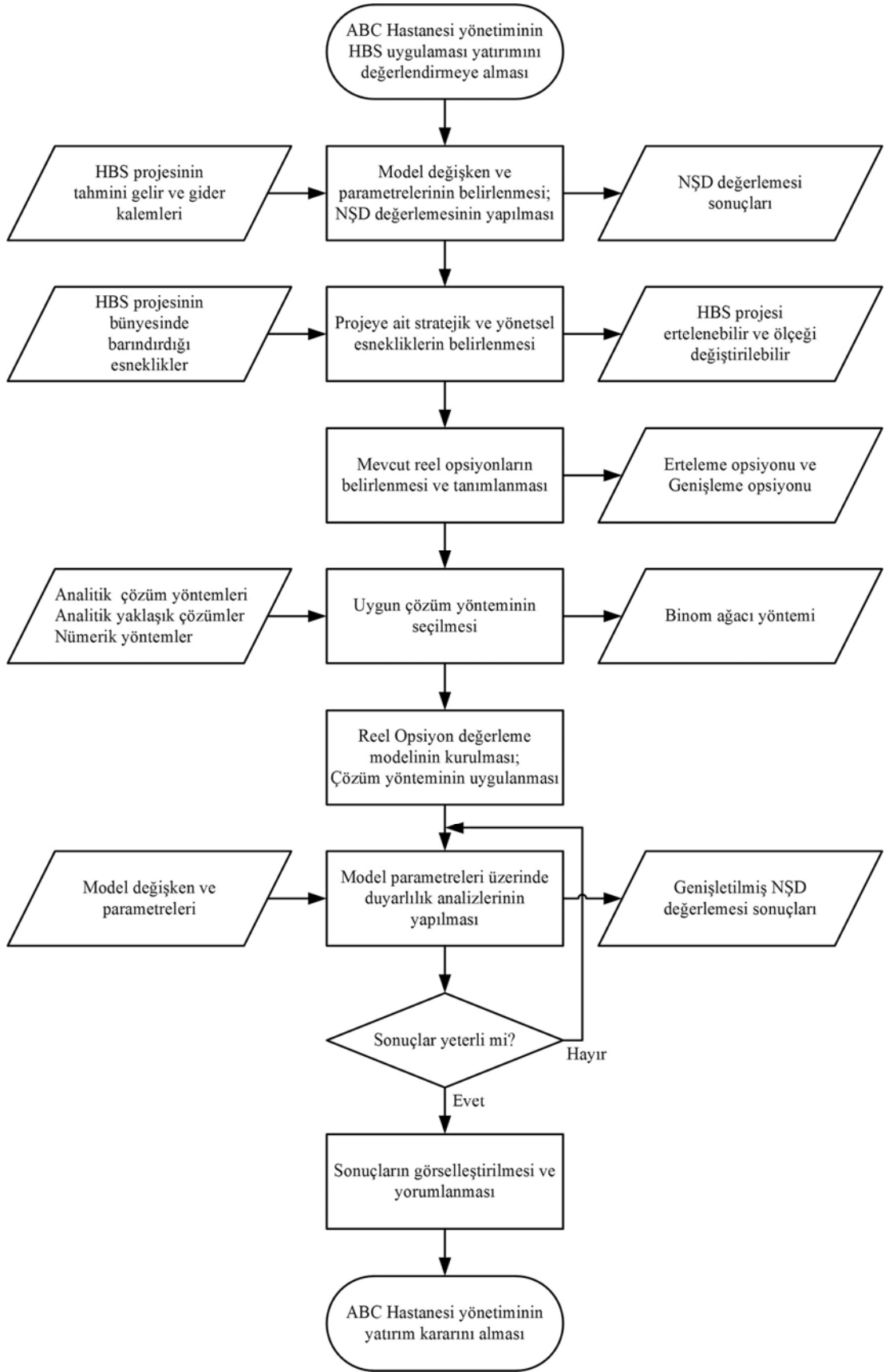
ABC Hastanesi yönetiminin yaptığı geleneksel NŞD analizi sonuçlarına göre bugünkü piyasa koşullarında kabul edilebilir olmayan bu yatırım, gelecekte oluşabilecek olumlu şartlar dahilinde karlı duruma geçebilir ve böylelikle kabul edilebilir olabilir. ABC Hastanesi yönetiminin önünde, HBS projesinin zamanlaması ve ileride oluşabilecek piyasa şartları doğrultusunda opsiyonel RAİS sistemini uygulayarak projenin genişletilmesini kapsayan stratejik ve yönetsel esneklikler bulunmaktadır. Bu noktada reel opsiyon yöntemi kullanılarak bu yönetsel ve stratejik esnekliklerin değerlendirilmesi yapılacaktır.

Şekil 6.8’de reel opsiyon yönteminin kullanımında izlenecek temel adımlar gösterilmiştir. İlerleyen bölümlerde bu akış şemasının adımları sırasıyla detaylı olarak anlatılacaktır.

HBS projesinin reel opsiyon yöntemiyle analizine ilk olarak geleneksel NŞD değerlendirilmesiyle başlanmıştır. Reel opsiyon yöntemi, geleneksel NŞD yöntemlerinin yerini alacak değil, bu yöntemleri yatırımların barındırdığı yönetsel ve stratejik esneklikleri de yansıtmak suretiyle tamamlayacak bir yaklaşımdır.

$$\text{Genişletilmiş NŞD} = \text{Statik NŞD} + \text{Opsiyon Değeri}(\text{Stratejik} + \text{Yönetsel Esneklikler}) \quad (6.6)$$

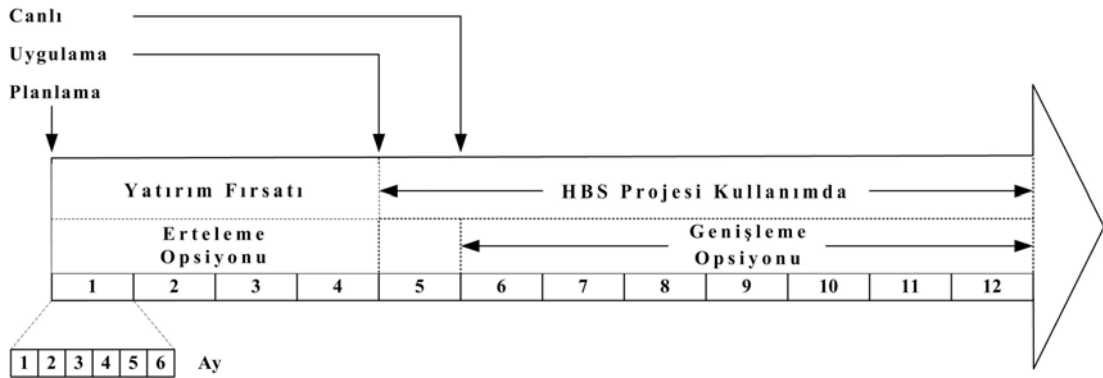
Bu bağlamda, projenin tahmini gelir ve gider kalemleri doğrultusunda geleneksel NŞD değerlemesi yapılmış ve sonuçları önceki bölümde sunulmuştur.



Şekil 6.8 : Reel Opsiyon Analiz Yöntemi Uygulaması Akış Diyagramı

6.2.1 Mevcut Reel Opsiyon Türlerinin Belirlenmesi

Bir sonraki adımda HBS projesinin bünyesinde barındırdığı stratejik ve yönetsel esneklikler irdelenmiştir. ABC Hastanesi yönetiminin projeyi 2 yıl zarfında uygun şartlar oluşması durumunda istenilen bir anda uygulayabileceği, eğer gereken koşullar oluşmazsa tamamen vazgeçebileceği varsayılmaktadır. Ayrıca yönetim, projeyi uygulamaya aldıktan sonra, gereken şartlar oluşursa HBS'yi opsiyonel RAİS sistemi kurarak belirli bir ek lisans ücreti karşılığı genişletebilme esnekliğine sahiptir.



Şekil 6.9 : HBS Projesinin Yaşam Döngüsü

Projenin barındırdığı esneklikler belirlendikten sonra bu esneklikleri modellemede kullanılabilecek reel opsiyon türleri belirlenecektir. Bu anlamda ABC Hastanesi yönetiminin, projeyi 2 yıl erteleyebilme yönetsel esnekliği erteleme (option to defer) opsiyonuna benzetilebilir. Ayrıca yönetimin projeyi uygulamaya aldıktan sonra, gereken şartlar oluşursa opsiyonel RAİS sisteminin kurulması ise belli bir ek yatırım karşılığı ana projenin çapının belli yüzdeyle genişletilmesi olarak tanımlanan genişleme opsiyonuna (option to expand) benzetilebilir (Şekil 6.9). Projeyi erteleme ve projenin kapsamını genişletme kararları proje süresince önceden belirlenen aralıklarda herhangi bir anda gerçekleştirilebileceğinden ancak Amerikan tipi opsiyonlarla modellenebilir.

6.2.2 Değerleme İçin Uygun Çözüm Yönteminin Belirlenmesi

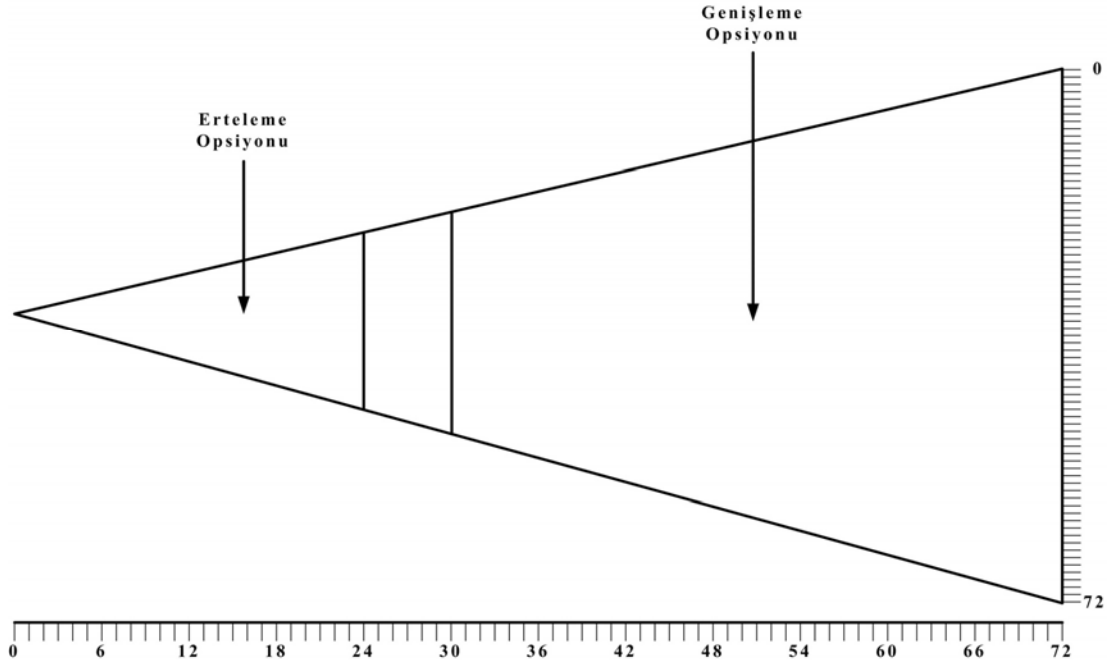
HBS projesi gerek erteleme gerekse de genişleme opsiyonlarını eşzamanlı olarak bünyesinde barındırmaktadır. Bir başka deyişle, proje yönetimi genişleme esnekliğine sahip olan bir yatırımın erteleme kararını değerlemek zorundadır.

Literatürde değeri bir diğer opsiyonun kullanımına ve değerine bağlı olan opsiyonlar birleşik opsiyonlar (compound options) olarak adlandırılmaktadır.

HBS projesi yatırımının değerlemesinde, birleşik opsiyonları ve aralarındaki etkileşimleri irdelemeye uygun bir değerlendirme yönteminin seçilmesi zorunludur. Bu noktada, analitik çözüm yöntemleri ve analitik yaklaşık çözüm yöntemleri mevcut problemin karmaşık yapısının modellenmesinde yetersiz kalmaktadırlar (Hull, 2002). Bu duruma sebep; mevcut proje yapısını, projenin değişken ve parametrelerini ve projenin nakit akışını kesin ya da yaklaşık olarak yansıtacak bir kapalı ifadenin oluşturulmasındaki güçlüklerdir. Nümerik çözüm yöntemleri bu noktada ön plana çıkmaktadırlar. Bu yöntemlerden Monte Carlo Simülasyonu (MCS) yöntemi, projenin bünyesinde bulunan erteleme ve genişleme opsiyonları Amerikan tipi opsiyonlar olduğundan uygun görülmemiştir (Kulatilaka ve Amram, 1999). Ağaç yöntemleri, karmaşık nakit akışlarını ve birleşik opsiyonları modellemedeki esnekliklerden ötürü sonlu farklar yöntemlerine göre belirgin avantajlar sunmaktadır (Trigeorgis, 1996). Ayrıca sonlu farklar yönteminin kullanımında yaşanan yakınsama problemleri ağaç yöntemlerinde yaşanmamaktadır. Bu bilgiler ışığında binom ağacı değerlendirme yönteminin ABC Hastanesi HBS projesinin değerlemesi için kullanılmasına karar verilmiştir.

HBS projesi uygulamasının değerlemesi için oluşturulan binom ağacı Şekil 6.10'da verilmiştir. Şekil 6.10'da görüldüğü üzere değerlendirme ağacı toplam 72 dönemden oluşmaktadır. HBS projesinin maksimum 2 yıllık ertelenme esnekliğini yansıtan 24 dönemlik zaman dilimi, erteleme opsiyonunun değerinin hesaplanacağı bölümü temsil etmektedir. Arzu edilen piyasa koşulları oluşmazsa HBS yatırımı asla yapılmayacaktır. Eğer bu 2 yıl zarfında, ABC Hastanesi yöneticileri piyasa şartlarını uygun görürlerse, toplamda 4 yıl sürecek HBS projesi başlatılacaktır. Yatırım kararı bir kez alındıktan sonra, proje süresi olan 4 yıl boyunca ABC Hastanesi, yine gerekli koşullar oluşursa; yatırımını, daha önceden öngörülen bir ek yatırım karşılığında, belli bir oranda genişletme şansına sahiptir.

Bu bağlamda, erteleme dönemini takiben 30 ve 72'inci dönemler arası opsiyonel RAİS sisteminin sunduğu genişleme opsiyonunun değerlemesinin yapılacağı bölüm gösterilmektedir.



Şekil 6.10 : HBS Projesinde Mevcut Opsiyonların Binom Ağacı Üzerinde Gösterimi

Bu bölümde değerlemenin yapılacağı binom ağacının yapısı ve bu ağaç yapısı üzerinde mevcut opsiyonların aylık dönemler detayında grafiksel gösterimi verilmiştir. Bir sonraki bölümde, Şekil 6.8’de verilen akış diyagramı takip edilerek, reel opsiyon değerlendirme modelinin kurulumu anlatılacaktır.

6.2.3 Reel Opsiyon Değerleme Modelinin Kurulması

HBS projesini değerlemek için kurulan modelde;

I_0 : HBS Projesinin tek seferlik maliyetlerinin (\$) cinsinden toplamı

π : Hasta başına ortalama kar

T : Yatırımı değerlendirme döneminin yıl olarak uzunluğu

N : T yıldaki alt dönem sayısı

T_D : HBS Projesinin kaç yıl ertelenebileceği

N_D : T_D yıldaki alt dönem sayısı

$Hasta(i)$: Hasta sayısı matrisi, burada $i \in [0, \dots, N_D + N]$

$Imp(i)$: Hasta başına ortalama kardaki iyileşme matrisi, burada $i \in [0, \dots, N]$

$Gelirler(i)$: HBS projesi gelirleri matrisini gösterir ve aşağıdaki ifadeyi sağlar

$$Gelirler(i) = \pi \cdot Hasta(i) \cdot Imp(i) \quad , \forall i \in [0, \dots, N]$$

$Giderler(i)$: HBS projesi giderleri matrisi, burada $i \in [0, \dots, N]$

$Genişleme(i)$: Genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemleri gösterir ve aşağıdaki ifadeyi sağlar

$$\forall i \in [0, \dots, N]$$

$$Genişleme(i) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } i.\text{dönemde genişleme opsiyonu mevcut değilse} \\ 1, & \text{eğer } i.\text{dönemde genişleme opsiyonu mevcut ise} \end{cases}$$

I_E : HBS Projesinin kapsamını % x kadar genişletmenin (\$) cinsinden ek yatırım maliyetini

x : HBS Projesinin yüzde olarak genişleme oranını

σ : Hasta başına ortalama karlılığın standart sapmasını

r_f : Risksiz getiri oranını

δ : Getiri kıtlığı oranını (rate of return shortfall)

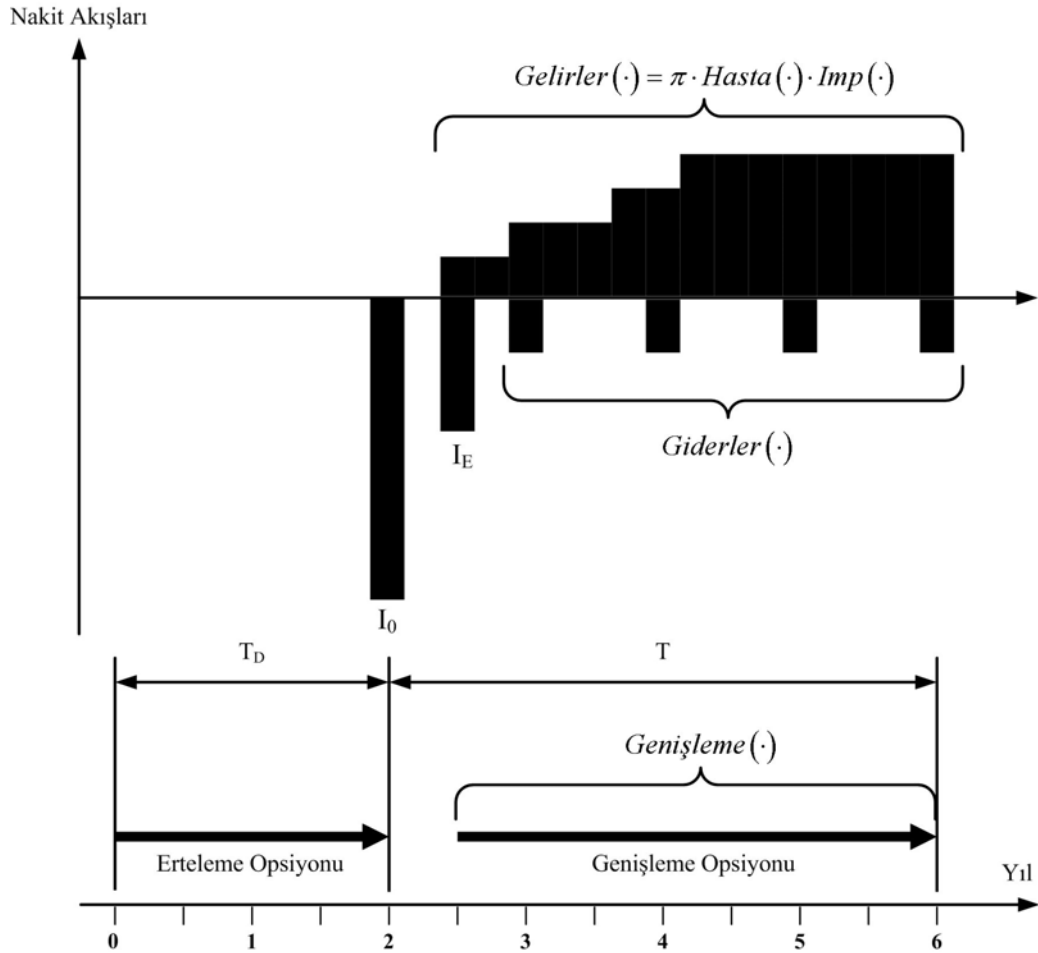
π_L : Hasta başına ortalama kar değişkeninin (π) alabileceği en düşük değeri

π_H : Hasta başına ortalama kar değişkeninin (π) alabileceği en yüksek değeri

göstermektedir.

Şekil 6.11’de reel opsiyon değerlendirme modeli değişken ve parametreleri, nakit akışlarını yansıtan bir grafik üzerinde gösterilmiştir. π değişkeni, $Hasta(\cdot)$ ve $Imp(\cdot)$ parametreleri zamana bağlı olarak değiştiğinden projenin gelirlerini ifade eden $Gelirler(\cdot)$ matrisi de projenin erteleme süresine, bir başka deyişle uygulamaya

geçiş tarihine göre değişim göstermektedir. Uygun koşulların oluşması durumunda uygulamaya alınan projenin kapsamı ancak $Genişleme(\cdot)$ matrisiyle tanımlanmış karar verme noktalarında I_E ek yatırımı karşılığında genişletilebilmektedir. Kurulan reel opsiyon değerlendirme modelinde alt dönem uzunluğu 1 ay olduğundan genişleme esnekliğini değerlendirme kararı aylık detayda ele alınabilmektedir.

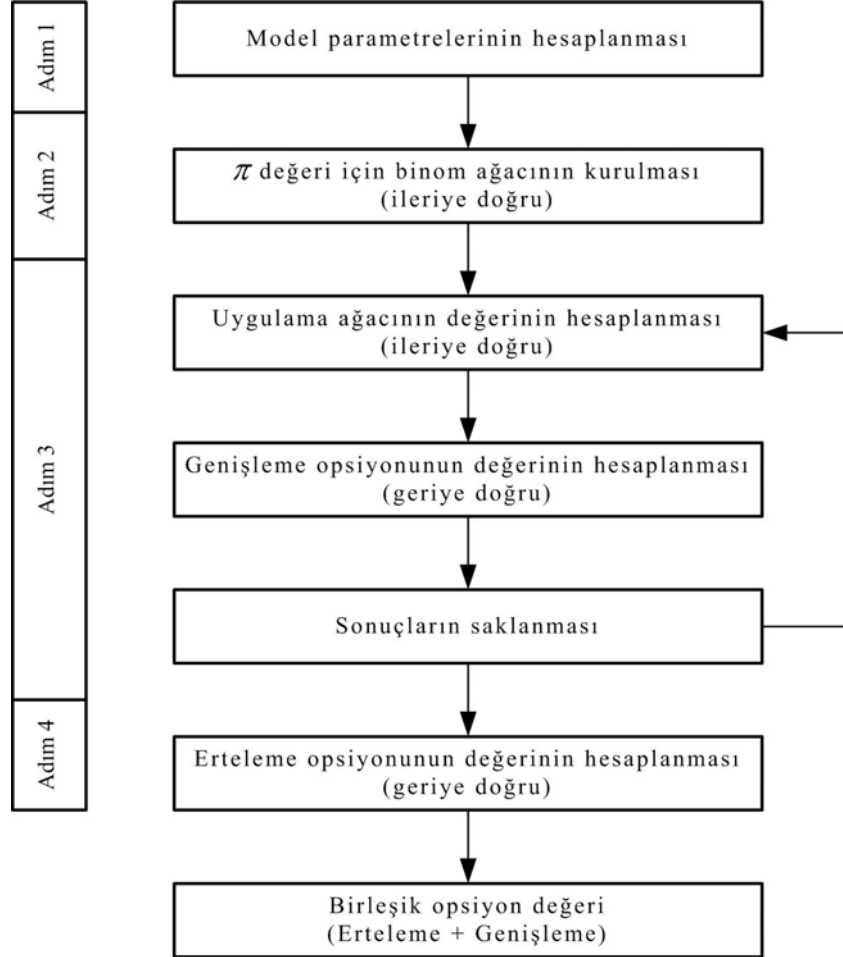


Şekil 6.11 : Reel Opsiyon Değerleme Modeli İçin Nakit Akışları

Reel opsiyon değerlendirme modelinin temel değişken ile parametreleri ve aralarındaki ilişkiler yukarıdaki gibi tanımlandıktan sonra, model parametrelerinin hesaplanmasını ve modelin işletilmesini kapsayan ve 4 ana adımdan oluşan bir akış diyagramı verilmiştir (Şekil 6.12).

Şekil 6.12’de görüldüğü üzere, değerlendirme modelinin birinci adımında model parametrelerinin ilk değerleri hesaplanır. Modelin ikinci adımında ise π değerinin olası değerlerinin hesaplanması için ilgili binom ağacı oluşturulur. Oluşturulan

binom ağacının derinliği n , N_D ve N değerlerinin toplamına eşittir. Model parametreleri cinsinden oluşturulan π değer ağacı, değerlendirme modelinin kalan adımlarındaki hesaplamalarda değiştirilmeden kullanılır.



Şekil 6.12 : Reel Opsiyon Değerleme Modeli İçin Akış Diyagramı

Aşağıda model parametrelerinin hesaplanması ve π değer ağacının oluşturulmasında kullanılan ifadeler verilmiştir.

$\pi_{(i,j)}$: Binom modeline göre π değişkeninin i . dönem ve j . durumda alacağı değeri göstermektedir.

Burada,

$$\pi_{(i,j)} = \pi_{(0,0)} u^i d^{i-j} \quad (6.7)$$

$\pi_{(0,0)}$: π değişkeninin başlangıç dönem ve durumundaki değeri

i : Dönem değişkeni ($i = 0, 1, \dots, n$)

j : Durum değişkeni ($j = 0, 1, \dots, i$)

n : Binom ağacı toplam dönem sayısı ($n = N_D + N$)

dt : Birim zaman aralığı ($dt = \frac{T}{N} = \frac{T_D}{N_D}$)

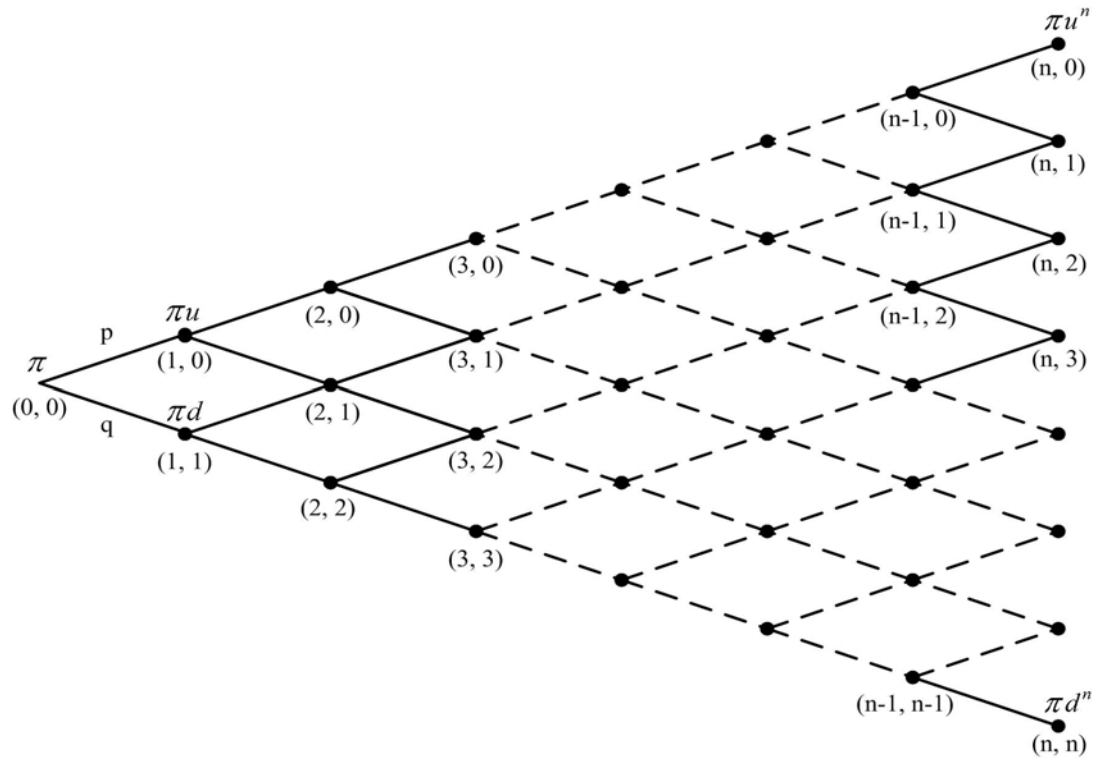
u : Binom ağacın yukarı yöndeki hareket çarpanı ($u = e^{\sigma\sqrt{dt}}$)

d : Binom ağacın aşağı yöndeki hareket çarpanı ($d = e^{-\sigma\sqrt{dt}}$)

p : Binom ağacın yukarı yönde hareket olasılığı ($p = \frac{e^{(r_f - \delta)dt} - d}{u - d}$)

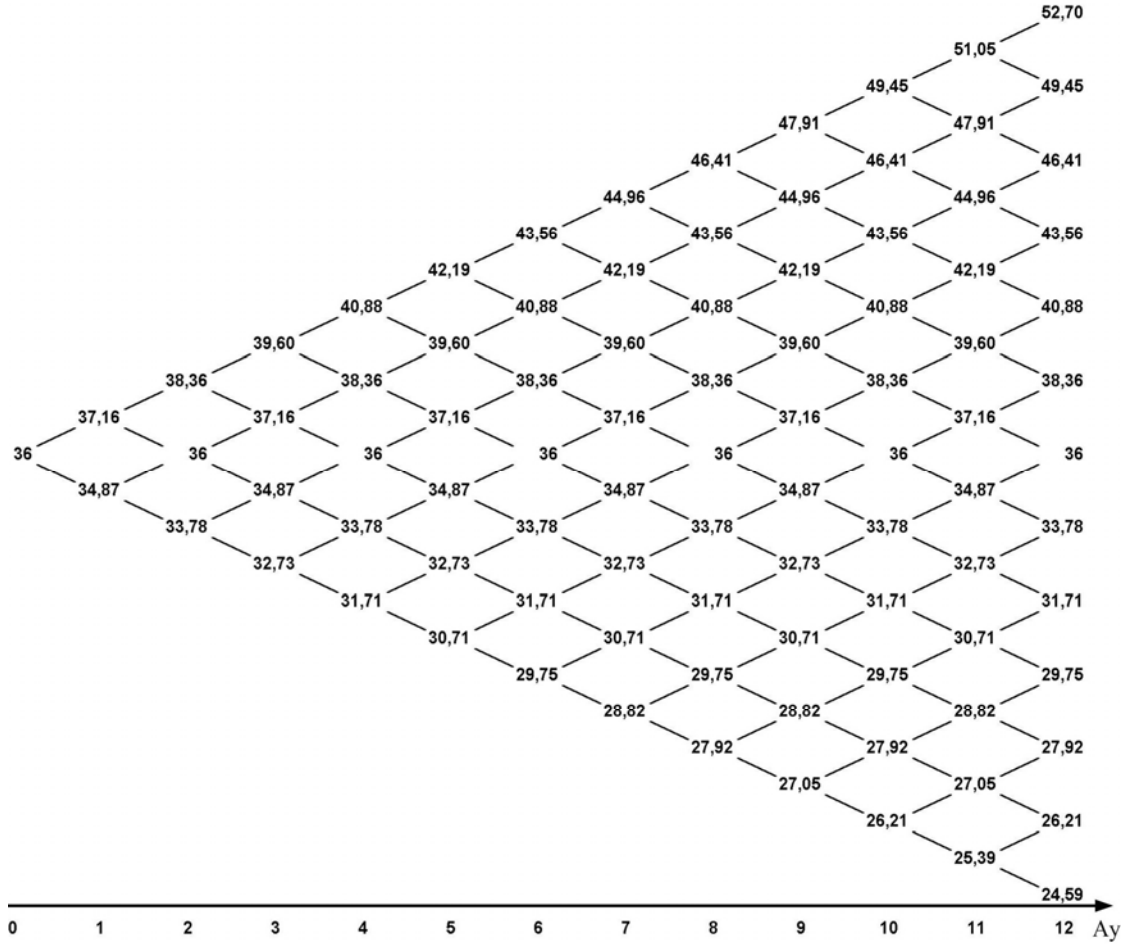
q : Binom ağacın aşağı yönde hareket olasılığı ($q = 1 - p$)

Şekil 6.13'te π değerlerinin hesaplanması için (6.7) denklemi temel alınarak kurulan binom ağacının n dönemlik işleyişi gösterilmiştir.



Şekil 6.13 : π Değeri İçin Binom Ağacının n Dönemlik İşleyişi

Başlangıç değeri \$36 olarak alındığında, π değerinin hesaplanmasında modele göre oluşturulan binom ağacının 12 dönemlik işleyişi Şekil 6.14'te gösterilmiştir.



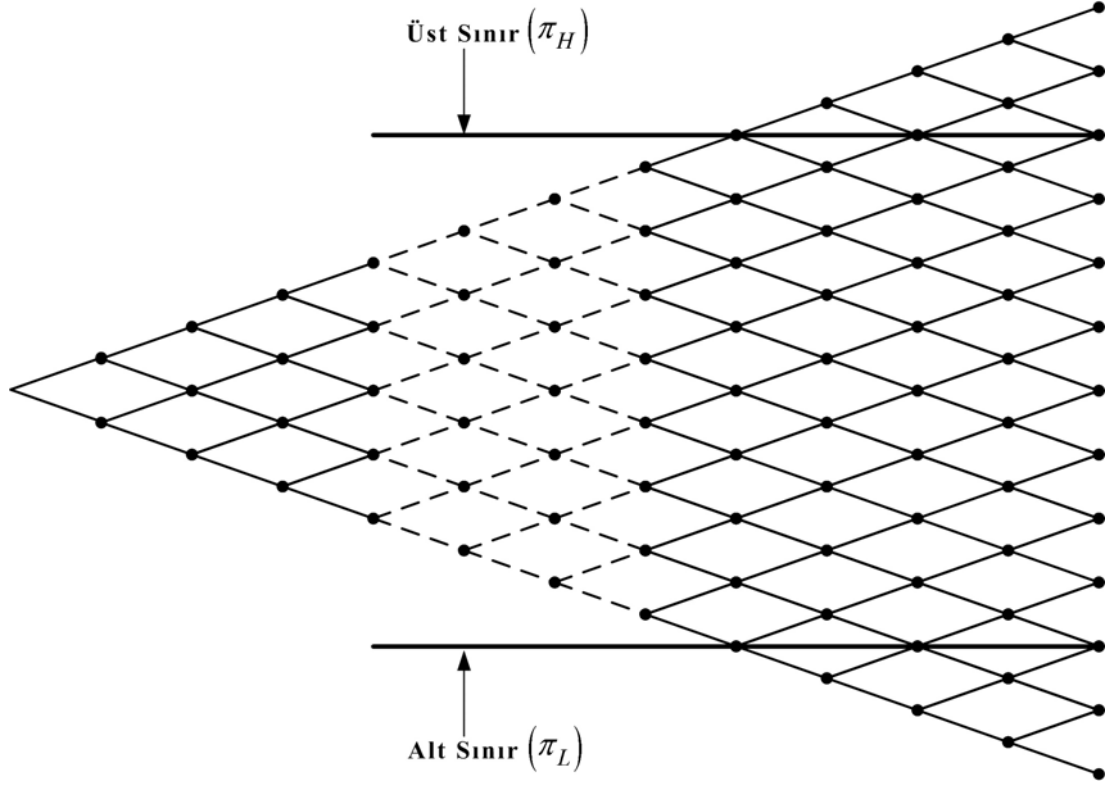
Şekil 6.14 : π Değeri İçin Binom Ağacının 12 Dönemlik İşleyişi

Oluşturulan binom ağacının ilerleyen dönemlerinde π değeri, ABC Hastanesi yönetimince oluşması olası görülmeyen alt ve üst değerlere ulaşabilmektedir. Bu durumun üstesinden gelmek üzere modele π_L ve π_H parametreleri eklenmiştir.

Böylelikle daha önce (6.7) denklemiyle verilen $\pi_{(i,j)}$ ifadesi π değer ağacına konulan alt ve üst sınırlar yardımıyla kontrol altına alınmıştır (Şekil 6.15). Bu durum aşağıdaki denklemle de ifade edilebilir;

$$\pi_{(i,j)} = \begin{cases} \pi_L, & \text{eğer } \pi_{(0,0)} u^i d^{i-j} \leq \pi_L \\ \pi_H, & \text{eğer } \pi_{(0,0)} u^i d^{i-j} \geq \pi_H \\ \pi_{(0,0)} u^i d^{i-j}, & \text{eğer } \pi_L < \pi_{(0,0)} u^i d^{i-j} < \pi_H \end{cases} \quad (6.8)$$

Burada, $i = 0, 1, \dots, n$ ve $j = 0, 1, \dots, i$ koşulları geçerlidir.



Şekil 6.15 : Alt ve Üst Sınır π Değerlerinin Binom Ağacına Etkisi

Kullanılan alt ve üst sınır değerlerinin etkisi; σ standart sapma değerine bağlı olarak π değer ağacının ilerleyen dönemlerinde görülmektedir. Bu durum aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir;

$$\pi_H = \pi_{(0,0)} u^k \quad (6.9)$$

Denklem (6.9)'da verilen eşitliğin her iki tarafının logaritması alındığında aşağıdaki ifade elde edilmektedir.

$$\ln(\pi_H) = \ln(\pi_{(0,0)}) + k \ln(u)$$

Burada k ; denklem (6.9)'u doğrulayan herhangi bir tam sayıyı göstermektedir. Denklem (6.9) yeniden düzenlendiğinde k ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$k = \left\lceil \frac{\ln(\pi_H) - \ln(\pi_{(0,0)})}{\ln(u)} \right\rceil \quad (6.10)$$

Burada,

$\lceil \cdot \rceil$: Tam sayı fonksiyonunu göstermektedir.

Denklem (6.10), $u = e^{\sigma\sqrt{dt}}$ ifadesi ile yeniden düzenlendiğinde;

$$k = \left\lceil \frac{\ln(\pi_H) - \ln(\pi_{(0,0)})}{\sigma\sqrt{dt}} \right\rceil \quad (6.11)$$

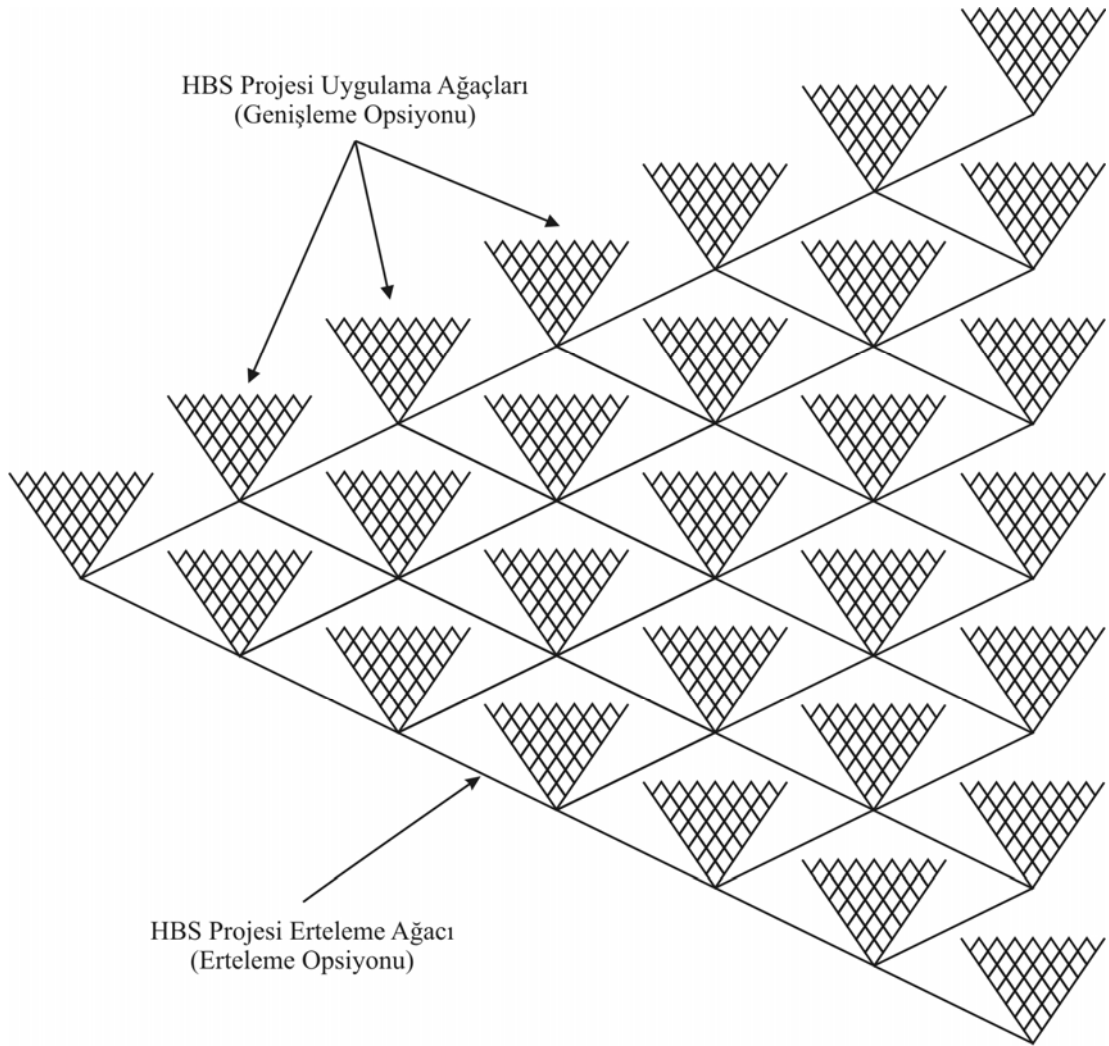
Denklem (6.11)'i doğrulayan bir k değeri kullanılarak oluşturulan üst sınırın binom ağacının düğümleri üzerinde yer alması sağlanabilir. Aynı şekilde u ve d değişkenleri arasındaki $ud=1$ bağıntısı kullanılarak seçilecek alt sınırın binom ağacın üzerinde yer alması sağlanabilir. Çalışmada kurulan π değer ağacına alt ve üst sınır değerlerinin etkisi Şekil C.1'de gösterilmiştir.

Şekil 6.12'de sunulan akış diyagramının 3. ve 4. adımlarında HBS projesi bünyesinde mevcut opsiyonların birleşik değeri hesaplanmaktadır. Bu amaçla ilk olarak 3. adımda da ifade edildiği gibi genişleme opsiyonu bulunduran HBS projesi uygulama ağaçlarının değerleri hesaplanmaktadır. İleri ve geri yönde işleyen algoritmalar kullanılarak elde edilen uygulama ağaçlarının sonuçları daha sonra kullanılmak üzere saklanmaktadır. 4. adımda ise elde edilen bu sonuçlar projede mevcut erteleme opsiyonunun değerinin hesaplanması amacıyla oluşturulan erteleme ağacında kullanılmaktadır.

Şekil 6.16'da HBS projesini değerlemek için kurulan erteleme ve uygulama binom ağaçları üç boyutlu bir şekilde gösterilmektedir. Yatay olarak gösterilen ana ağaç erteleme opsiyonunun değerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu ağacın her bir noktasında yatırımı gerçekleştirme ya da bir dönem erteleme kararları değerlendirilmiştir. Bu amaçla, yatay ağacın her bir noktasından dikine çıkan ağaçlar o anda alınacak ilgili HBS projesi uygulama kararının getirisini hesaplamada kullanılmıştır. Ayrıca bu dikey uygulama ağaçlarının yapısı, genişleme opsiyonunu değerleyecek şekilde kurgulanmıştır.

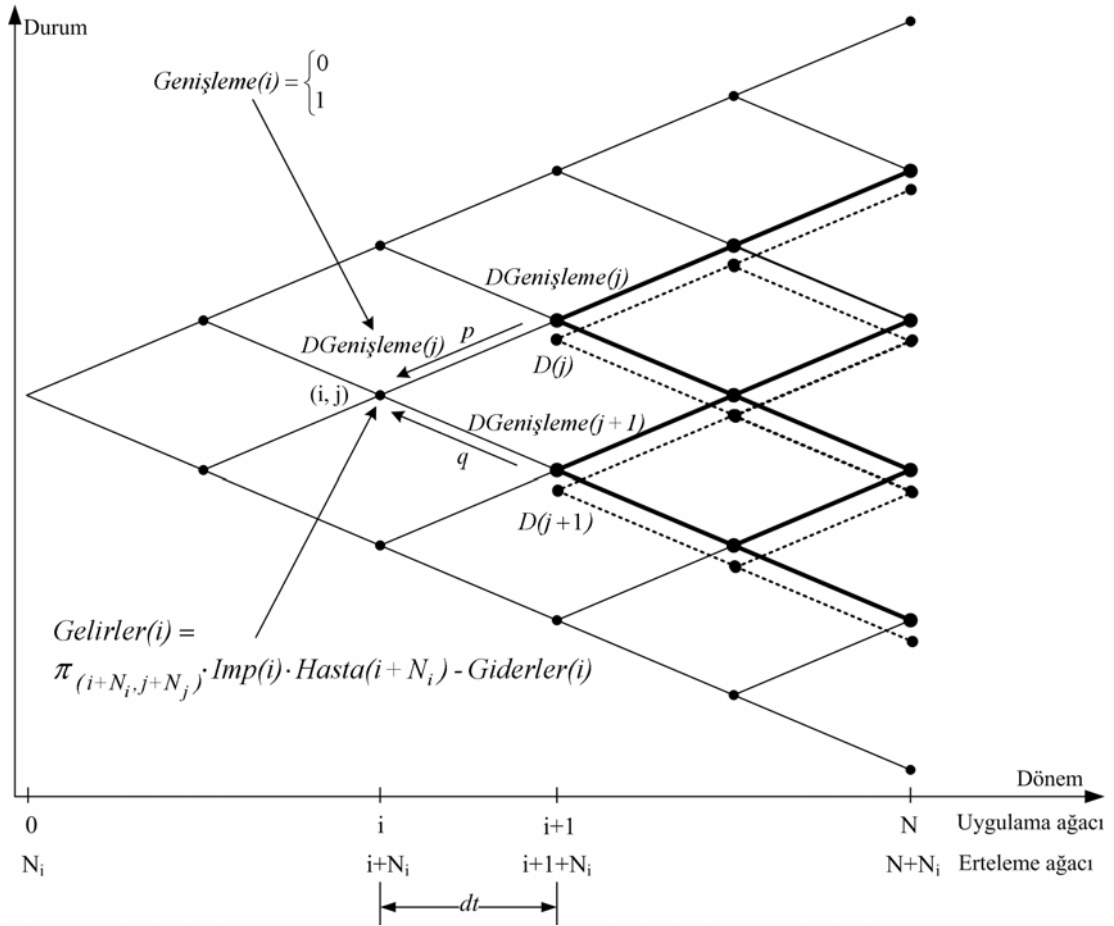
Ağaç yapılarının değerlemesinde ağacın en son noktasından en baştaki noktasına doğru ilerlenmektedir. Herhangi bir noktanın değeri hesaplanırken daima bir önceki

noktaya ait optimum değerler kullanılmakta; böylelikle başlangıç noktasına varıldığında yatırımın optimum değeri elde edilmektedir.



Şekil 6.16 : Projenin Değerlemesi İçin Kurulan Binom Ağacı

Bu anlamda erteleme ve genişleme esnekliklerine sahip HBS projesinin değerinin hesaplanmasına Şekil 6.16’da gösterilen erteleme ağacının en son düğümlerinde yer alan uygulama ağaçlarından başlanır. Erteleme ağacının bu en son düğümleri T_D yılına bir başka deyişle N_D dönemine denk gelmektedir. Şekil 6.12’nin 1. ve 2. adımlarında hesaplanan model parametreleri ve $N_D + N$ dönemlik olarak hesaplanan π değer ağacı kullanılarak, N_D döneminden başlayan uygulama ağaçlarının değeri (6.12) ve (6.13) denklemleri kullanılarak hesaplanır. Şekil 6.17 ve Şekil 6.18’de projenin değerlendirilmesi için kurulan uygulama ve erteleme ağaçlarının işleyişleri gösterilmiştir.



Şekil 6.17 : Projenin Değerlemesi İçin Kurulan Uygulama Ağaçlarının İşleyişi

Denklem (6.12), genişleme opsiyonunu değerlendirme için kurulan uygulama ağacının en son dönemi için kullanan genelleştirilmiş ifadeyi göstermektedir.

$$i = N \text{ ve } \forall j \in [0, \dots, N]$$

Eğer $Genişleme(N) = 1$ (N . dönem için genişleme opsiyonu mevcut)

$$D(j) = \pi_{(i+N_i, N+N_j)} \times Imp(N) \times Hasta(N+N_i) - Giderler(N)$$

$$DGenişleme(j) =$$

$$\text{Max} \left(\begin{array}{l} \pi_{(i+N_i, N+N_j)} \times Imp(N) \times Hasta(N+N_i) - Giderler(N); \\ (\pi_{(i+N_i, N+N_j)} \times Imp(N) \times Hasta(N+N_i) - Giderler(N)) \times (1+x) - I_E \end{array} \right) \quad (6.12)$$

Eğer $Genişleme(N) = 0$

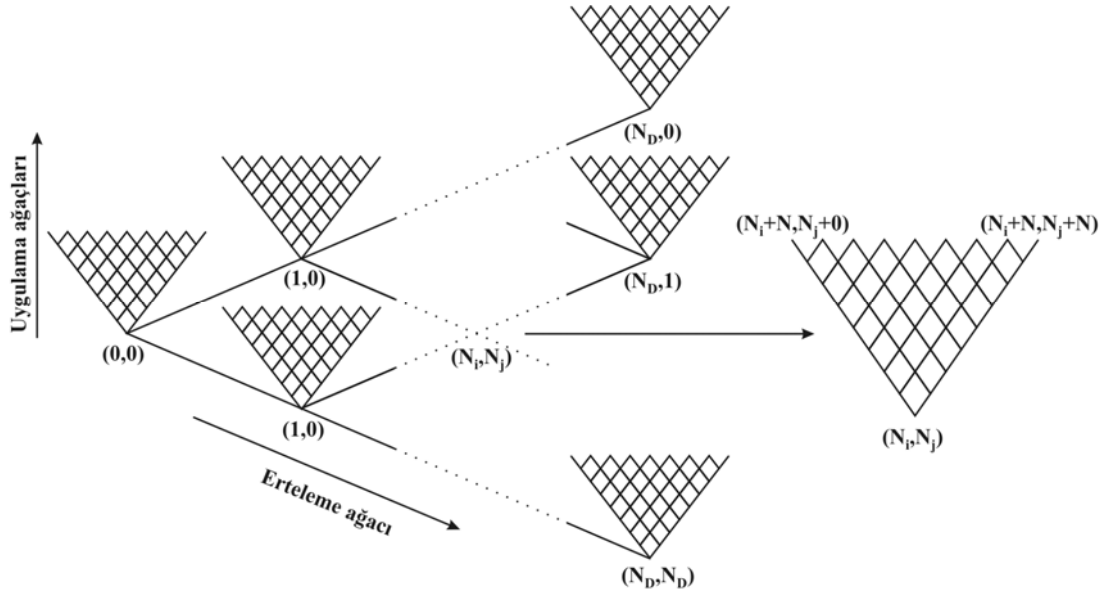
$$D(j) = \pi_{(i+N_i, N+N_j)} \times Imp(N) \times Hasta(N+N_i) - Giderler(N)$$

$$DGenişleme(j) = \pi_{(i+N_i, N+N_j)} \times Imp(N) \times Hasta(N+N_i) - Giderler(N)$$

Burada,

N_i : Uygulama ağacının erteleme ağacı üzerindeki başlangıç dönemi

N_j : Uygulama ağacının erteleme ağacı üzerindeki başlangıç durumudur.



Şekil 6.18 : Projenin Değerlemesi İçin Kurulan Erteleme Ağacının İşleyişi

Denklem (6.13), genişleme opsiyonunu değerlendirme için kurulan uygulama ağacının herhangi bir ara dönemi için kullanan genelleştirilmiş ifadeyi göstermektedir.

$$\forall i, j \in [0, \dots, N - 1]$$

Eğer $Genişleme(i) = 1$ (i. dönem için genişleme opsiyonu mevcut)

$$DGenişleme(j) = \text{Max} \left(\begin{array}{l} \pi_{(i+N_i, j+N_j)} \times \text{Imp}(i) \times \text{Hasta}(i + N_i) - \text{Giderler}(i) \\ + (p \times DGenişleme(j) + q \times DGenişleme(j+1)) \times dF; \\ \pi_{(i+N_i, j+N_j)} \times \text{Imp}(i) \times \text{Hasta}(i + N_i) - \text{Giderler}(i) \\ + (p \times D(j) + q \times D(j+1)) \times dF \times (1+x) - I_E \end{array} \right) \quad (6.13)$$

$$D(j) = \pi_{(i+N_i, j+N_j)} \times \text{Imp}(i) \times \text{Hasta}(i + N_i) - \text{Giderler}(i) + (p \times D(j+1) + q \times D(j)) \times dF$$

Eğer $Genişleme(i) = 0$

$$DGenişleme(j) = \pi_{(i+N_i, j+N_j)} \times \text{Imp}(i) \times \text{Hasta}(i + N_i) - \text{Giderler}(i) + (p \times DGenişleme(j) + q \times DGenişleme(j+1)) \times dF$$

$$D(j) = \pi_{(i+N_i, j+N_j)} \times \text{Imp}(i) \times \text{Hasta}(i + N_i) - \text{Giderler}(i) + (p \times D(j) + q \times D(j+1)) \times dF$$

Burada,

$dF = e^{-r_f dt}$: Bir dönemlik iskontoalama katsayısını göstermektedir.

Şekil 6.17’de $D(j)$ ifadesi herhangi bir $i \in [0, \dots, N]$ döneminde kesikli çizgilerle gösterilen ve üzerinde genişleme esnekliği bulunmayan uygulama alt ağacının değerini göstermektedir. Yine Şekil 6.17’de $DGenişleme(j)$ ifadesi herhangi bir $i \in [0, \dots, N]$ döneminde sürekli çizgilerle gösterilen ve genişleme esnekliğini bulunduran uygulama alt ağacının değerini göstermektedir.

Denklem (6.12)’de verilen sınır koşulu ve denklem (6.13)’te verilen genelleştirilmiş ifadeler backward recursion tekniği kullanılarak, N_i dönem ve N_j durumundan başlayan uygulama ağacının değeri elde edilir (Şekil 6.17). İlgili uygulama ağacının başlangıç düğümünü ifade eden $DGenişleme(0)$ değerinden, HBS projesinin ilk yatırım maliyeti I_0 çıkarılarak uygulama ağacının değeri elde edilir;

$$GenişlemeAğacıDeğeri = DGenişleme(0) - I_0 \quad (6.14)$$

Denklem (6.14)’te kapalı ifadesi verilen uygulama ağacı değerleri kullanılarak erteleme ağacı üzerinde yine backward recursion tekniği kullanılarak sondan başa doğru ilerlenir (Şekil 6.18).

Denklem (6.15), erteleme opsiyonunu, değerlendirme için kurulan erteleme ağacının en son dönemini değerlemek için kullanan genelleştirilmiş ifadeyi göstermektedir.

$$i = N_D \text{ ve } \forall j \in [0, \dots, N_D] \quad (6.15)$$

$$DEG(j) = \max \left(\begin{array}{l} GenişlemeAğacıDeğeri \left(\pi, Hasta(\cdot), Imp(\cdot), Giderler(\cdot), \right) \\ I_0, I_E, x, Genişleme(\cdot), N_D, j \end{array} \right); 0$$

HBS uygulaması projesini gerçekleştirmek ABC Hastanesi yönetimi için bir zorunluluk olmadığından, piyasa koşullarına göre negatif getirilerin oluşması durumunda proje gerçekleştirilmeyecektir. Denklem (6.15)’te bu yönetsel esnekliği, kurulan değerlendirme modeline bir sınır koşulu olarak yansıtmak için $\max(\cdot)$ operatörü kullanılmıştır.

Denklem (6.16), erteleme opsiyonunu değerlendirme için kurulan erteleme ağacının herhangi bir ara dönemi için kullanan genelleştirilmiş ifadeyi göstermektedir;

$$\forall i, j \in [0, \dots, N_D - 1] \quad (6.16)$$

$$DEG(j) = \text{Max} \left(\begin{array}{l} \text{GenişlemeAğacıDeğeri} \left(\pi, \text{Hasta}(\cdot), \text{Imp}(\cdot), \text{Giderler}(\cdot), \right. \\ \left. I_0, I_E, x, \text{Genişleme}(\cdot), i, j \right) \\ (p \times DEG(j) + q \times DEG(j+1)) \times dF \end{array} \right)$$

Burada,

$dF = e^{-r_f dt}$: Bir dönemlik iskontolama katsayısını göstermektedir.

Denklem (6.15)'te verilen sınır koşulları ve denklem (6.16)'da verilen genelleştirilmiş ifadeler backward recursion tekniği kullanılarak erteleme ağacının değerinin elde edilmesinde kullanılır. $DEG(0)$ ifadesi genişleme esnekliğini bünyesinde barındıran erteleme ağacının değerini vermektedir. Bir başka deyişle $DEG(0)$ ifadesi genişleme ve erteleme opsiyonlarının birleşik değerini vermektedir.

Yatırımın ertelenmesi ve genişletilmesi esnekliklerini değerlemek üzere kurulan reel opsiyon modelinin hayata geçirilmesi çok boyutlu binom ağaçları ve dinamik programlama tekniklerinin ortak kullanımıyla mümkün olmaktadır. Bu bağlamda kurulan değerlendirme modelinin bilgisayar ortamında uygulanması Microsoft Visual Basic programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Ek D).

Bu bölümde reel opsiyon değerlendirme modeli değişken ve parametreleri tanımlanmış, ilgili değerlendirme modeli kurulmuş ve modelin çalışması Şekil 6.12'de sunulan akış diyagramının alt adımları detayında incelenmiştir. Bir sonraki bölümde model değişken ve parametrelerinin olası değerleri kapsamlı bir şekilde incelenecek ve elde edilen sonuçlar yorumlanacaktır.

6.2.4 Senaryo Analizleri

ABC Hastanesi yönetimi, değişken piyasa ve farklı belirsizlik koşullarının HBS projesinin değeri üzerine etkilerini görmek istemektedir. Bu bağlamda model parametre ve değişkenleri cinsinden ifade edilen farklı senaryoları kapsayan bir analiz platformu proje yönetimine sunulmuş ve böylelikle yöneticiler için kapsamlı bir yol haritası hazırlanması hedeflenmiştir. Bu noktada, gerek senaryoların ilgili parametre ve değişkenler cinsinden üretilmesi gerekse de elde edilen sonuçların

görselleştirilmesi ve detaylı bir duyarlılık analizi sunabilmesi için standart ofis yazılımlarının fonksiyonları oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu engelleri aşmak üzere Microsoft Excel VBA programlama dilinde ek geliştirmeler yapılmış ve sonuçlar Microsoft Office Excel 2003 programı üzerinde işlenip görselleştirilmiştir.

Tablo 6.3'te, HBS projesini reel opsiyon analiz yöntemiyle değerlemede kullanılan temel senaryoya ait değişken ve parametrelerin değerleri verilmiştir.

Tablo 6.3: Temel Değerleme Senaryosu

Model Değişken / Parametresi	Değer
HBS Projesinin ilk yatırım maliyeti, I_0	\$1.550.000
Hasta başına ortalama kar, π	\$36
Hasta sayısı matrisi, $Hasta(\cdot)$	Tablo B.1
Hasta başına ortalama kardaki iyileşme matrisi, $Imp(\cdot)$	Tablo B.2
HBS projesi giderleri matrisi, $Giderler(\cdot)$	Tablo B.3
Genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemleri gösteren matris, $Genişleme(\cdot)$	Tablo B.4
Yatırımı değerlendirme döneminin uzunluğu, T	4 yıl
T yıldaki alt dönem sayısı, N	48
Projenin kaç yıl ertelenebileceği, T_D	2 yıl
T_D yıldaki alt dönem sayısı, N_D	24
Projeyi % x kadar genişletmenin ek yatırım maliyeti, I_E	\$500.000
Projenin genişleme oranı, x	%30
Hasta başına ortalama karlılığın standart sapması, σ	%11
Risksiz getiri oranı, r_f	%5
Getiri kısıtlılığı oranı, δ	%4
Hasta başına ortalama kar değişkeninin alabileceği en düşük değer, π_L	\$12
Hasta başına ortalama kar değişkeninin alabileceği en yüksek değer, π_H	\$108

HBS Projesi için temel değerlendirme senaryosu yukarıdaki gibi tanımlandıktan sonra Tablo 6.4'te ilgili model parametreleri üzerine yapılan duyarlılık analizine ait detaylar sunulmuştur. HBS projesinin reel opsiyon yöntemiyle değerlemesinde kullanılan senaryolara ait parametrelerin proje yönetimince öngörülen olası değerleri Ek B'de verilmiştir.

Tablo 6.4: Duyarlılık Analizi İçin Parametrelerin Olası Değerleri

Parametreler							
T_D	0,5 yıl	1 yıl	1,5 yıl	2 yıl			
σ	%5	%10	%11	%15	%20	%25	%30
r_f	%3	%4	%5	%6			
δ	%2	%3	%4	%5			
<i>Genişleme</i> (·)	Tablo B.4	Tablo B.5	Tablo B.6	Tablo B.7	Tablo B.8	Tablo B.9	
(π_L / π_H)	(- / -)	(\$9 / \$144)	(\$12 / \$108)				

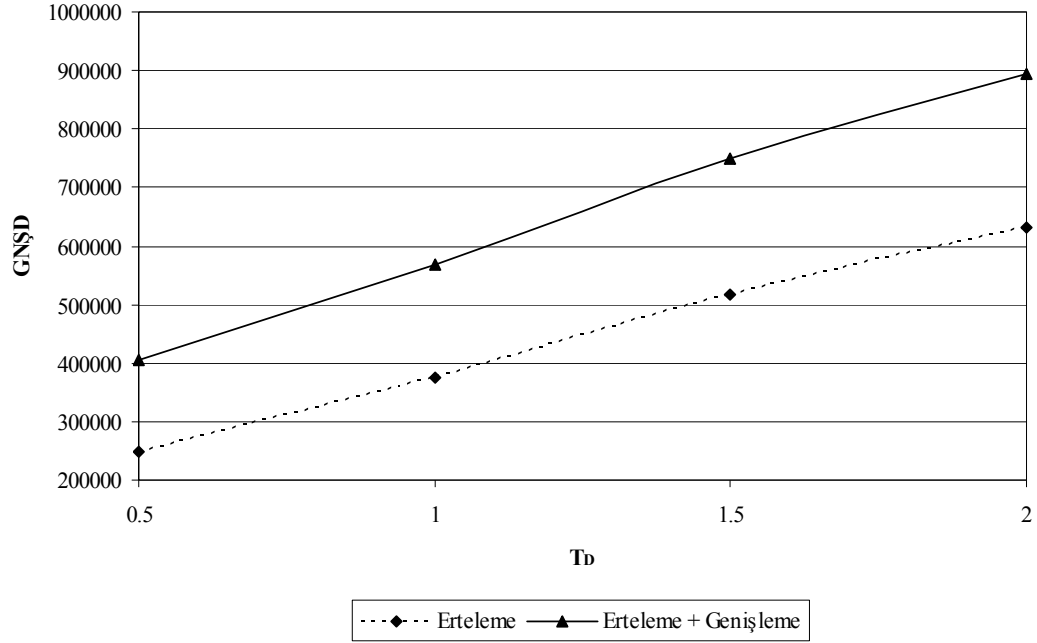
Tablo 6.4'te verilen olası parametreler doğrultusunda üretilen 20000'in üzerinde farklı senaryo için HBS projesinin Genişletilmiş NŞD (GNŞD) değerleri hesaplanmıştır.

6.2.5 Sonuçların Yorumlanması

Bu bölümde model değişken ve parametrelerinin değişimlerinin HBS Projesi GNŞD'sine etkileri yorumlanacaktır. HBS projesinin bünyesinde mevcut erteleme ve genişleme opsiyonlarının ayrı ayrı ve eş zamanlı etkilerini irdelemek üzere sırasıyla GNŞD(Ertelenme), GNŞD(Genişleme) ve GNŞD(Ertelenme+Genişleme) detayındaki GNŞD değerleri ABC Hastanesi yönetimine sunulacaktır. Bu bağlamda Tablo 6.3'te sunulan temel senaryo değişken ve parametreleri sabit tutulmak kaydıyla her bir model parametresindeki değişimin opsiyon değerlerine olan etkileri incelenecektir. Sonuçların yorumlanmasını kolaylaştırmak üzere sonuçlar gerek tablolar gerekse de grafikler kullanılarak görselleştirilecektir. Bu noktada bir önceki bölümde ilgili parametreler cinsinden senaryoların üretilmesinde faydalanılan Excel platformu, bu

kez sonuçların derlenmesi ve görselleştirilmesi amacıyla kullanılacaktır. HBS projesinin reel opsiyon yöntemiyle değerlemesi için üretilen senaryolara ait sonuç değerleri Ek C’de verilmiştir.

İlk olarak T_D parametresindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Tablo C.1).



Şekil 6.19 : T_D Parametresinin GNŞD’ye Etkileri

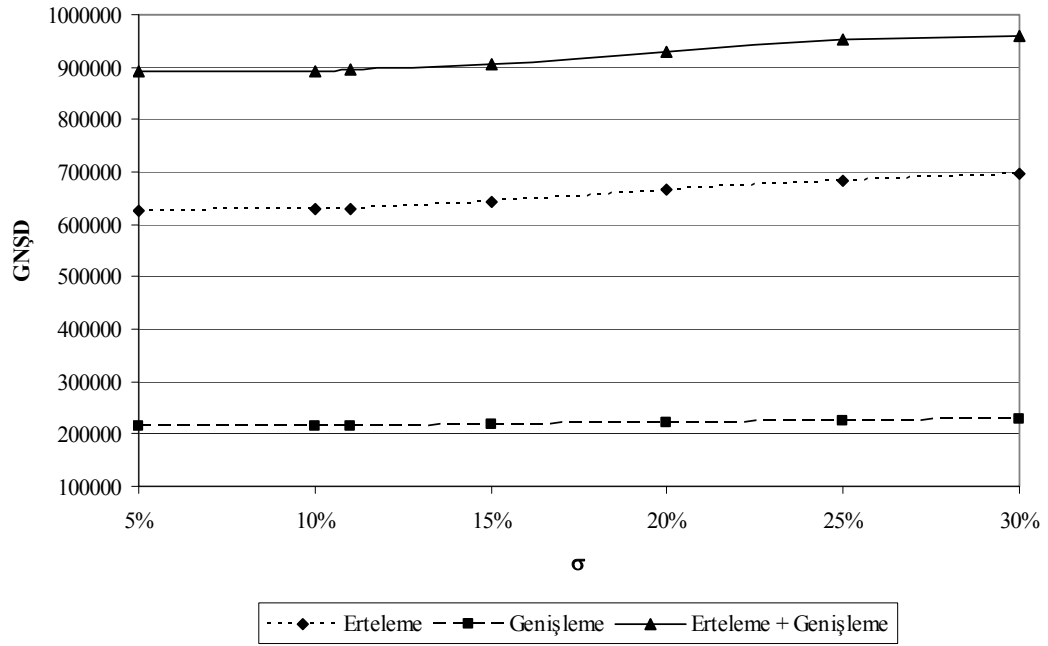
GNŞD(Genişleme) değeri T_D parametresindeki değişimlerden etkilenmemektedir. Bu duruma sebep; salt genişleme opsiyonunun HBS projesinin hemen başlatılması durumunda geçerli hasta başına ortalama kar π , hasta sayıları $Hasta(\cdot)$ ve diğer ekonomik parametreler doğrultusunda hesaplanmasıdır. Dolayısıyla projenin ertelenme süresini yansıtan T_D parametresinin bu opsiyonun değeri üzerine hiçbir etkisi olmayacaktır.

Şekil 6.19’da görüldüğü üzere gerek erteleme opsiyonu gerekse de erteleme ve genişleme opsiyonlarının birleşik değerleri, T_D parametresindeki artışla doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu durum, HBS projesinin nakit akışlarını gösteren $Gelirler(\cdot)$ ifadesinin projenin ilerleyen dönemlerinde artış gösteren hasta sayısı $Hasta(\cdot)$ ve

hasta başına ortalama kar π parametreleriyle doğru orantılı olarak artmasından kaynaklanmaktadır.

Her iki model parametresi de T_d parametresinin en büyük değeri olan 2 yıl süresince artış trendi çizdiklerinden potansiyel gelirler ve dolayısıyla GNŞD(Erteleme) ve GNŞD(Erteleme+Genişleme) değerleri de en yüksek değerlerine 2 yıllık erteleme esnekliğinin bulunduğu senaryo dahilinde erişmektedirler. Bu durum erteleme süresi boyunca oluşması muhtemel olumlu piyasa koşullarının proje değerine olan katkısı olarak da yorumlanabilir.

Bu bölümde σ parametresindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Şekil 6.20).



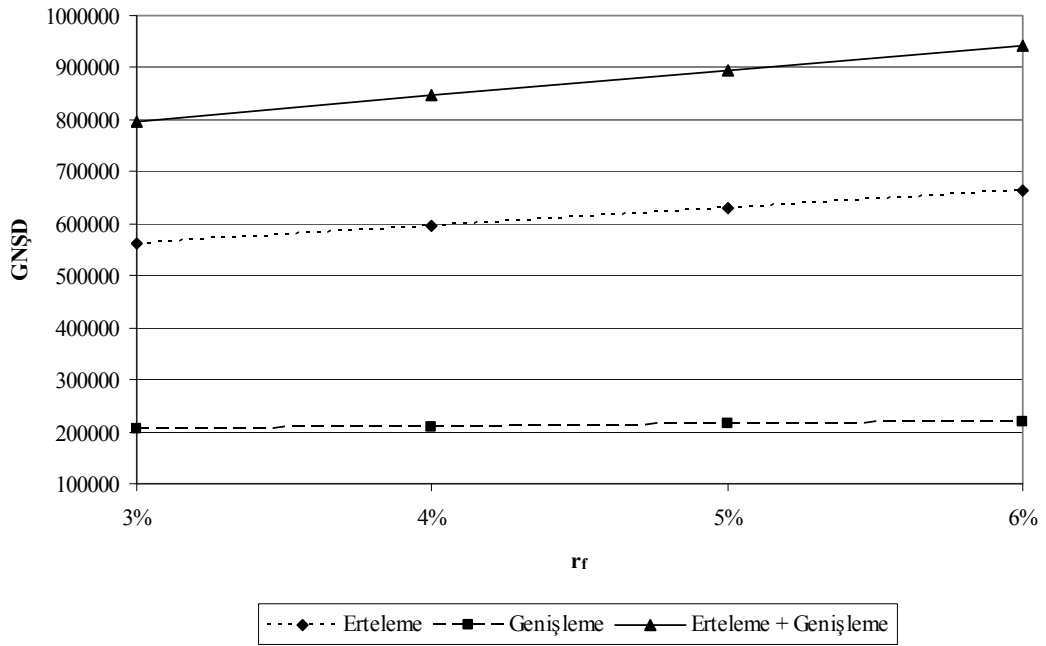
Şekil 6.20 : σ Parametresinin GNŞD'ye Etkileri

Temel olarak σ standart sapma parametresi, HBS projesinin hasta başına ortalama karındaki değişimi, bir başka deyişle bu değişken üzerindeki belirsizliği göstermektedir. Temel değerlendirme senaryosunda bu değişkenin değeri %11 olarak alınmış ve bu değerden başlayarak olası senaryolar üretilmiştir. ABC Hastanesi için hasta başına ortalama karlılıktaki değişimlerin tahmini için sağlık sektöründe faaliyet gösteren bir kurumun geçmiş yıllardaki verileri temel alınmıştır. Bu kurumun

halihazırda bünyesinde bir HBS kullanması, benzer bir yapıya sahip ABC Hastanesi için yapılacak projeye bir örnek teşkil etmektedir.

Gerek opsiyonların ayrı ayrı değerleri gerekse de birleşik değerleri σ standart sapma parametresiyle doğru orantılı bir artış göstermektedir. σ parametresindeki artıştan, GNŞD(Erteleme) ve GNŞD(Erteleme+Genişleme) değerleri daha olumlu etkilenmekte ve GNŞD(Genişleme) değerine oranla daha yüksek bir artış sergilemektedir (Tablo C.2). Bu durumun temel nedeni, genişleme opsiyonunun bugüne ait piyasa koşullarını yansıtan parametrelerle projeyi hemen uygulamaya alması ve artan belirsizliğin projeyi erteleme esnekliğine olan olumlu etkisinden sınırlı bir oranda faydalanmasından kaynaklanmaktadır.

Bu bölümde r_f parametresindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Şekil 6.21).



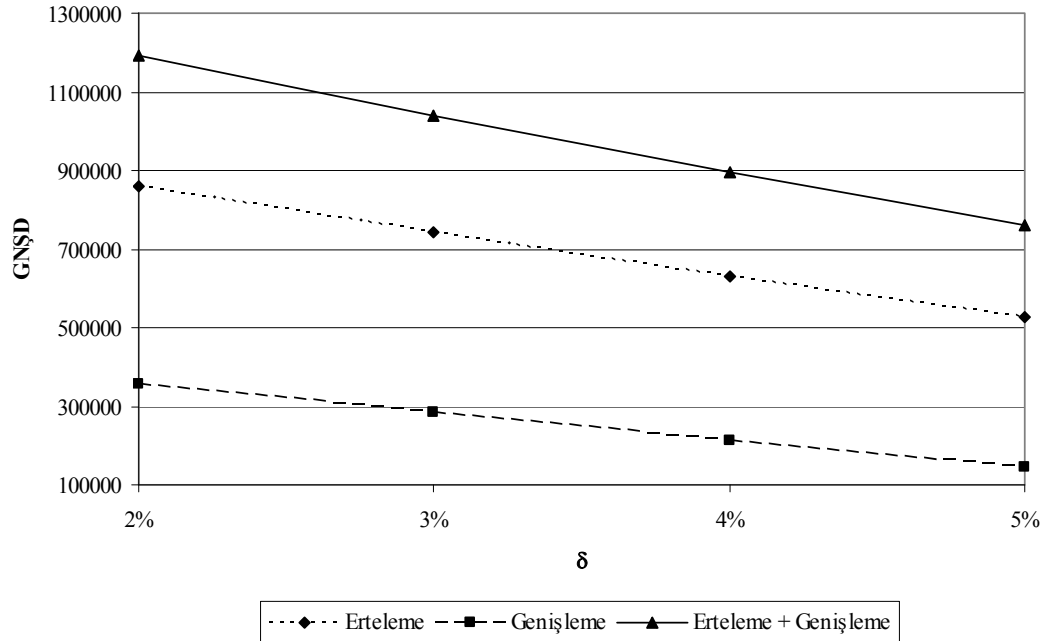
Şekil 6.21 : r_f Parametresinin GNŞD'ye Etkileri

HBS projesinin gerek geleneksel NŞD gerekse de reel opsiyon yöntemiyle değerlemesinde kullanılan r_f parametresinin temel değeri ABC Hastanesi yönetimince yıllık %5 olarak öngörülmüştür. Bu tahmine temel olarak, piyasada işlem gören Amerikan doları cinsinden hazine bonolarının proje değerlendirme ufku boyunca ortalama yıllık getiri oranları alınmıştır.

Geleneksel NŞD yöntemine göre r_f parametresindeki artış, gelecekte oluşacak nakit akışlarının iskontolanmış değerini azaltacağından, HBS projesinin de değerini azaltmasını öngörülmektedir.

Ancak Tablo C.3'te görüldüğü üzere r_f parametresindeki artış opsiyon değerlerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu duruma sebep, HBS projesinin değerinin hesaplanması için kurulan binom ağacındaki yukarı yönde hareket olasılığını gösteren p parametresinin değerinin artması ve böylelikle değerlendirme ağacı üzerinde sondan başa doğru ilerlerken yukarı yöndeki olumlu beklentiyi yansıtan değerlerin daha öne çıkması gösterilebilir.

Bu bölümde δ değişkenindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Şekil 6.22).



Şekil 6.22 : δ Parametresinin GNŞD'ye Etkileri

δ getiri kısıtlılığı; piyasada sağlık sektörü dışındaki diğer yatırımcılar tarafından paylaşılmayan, ABC Hastanesine ya da sağlık sektörüne özel riskleri taşıyan, HBS projesi yatırımının değerlendirilmesi esnasında opsiyon değerini, yatırıma özel riski ifade edebilecek bir faktörle iskontolamakta kullanılan bir parametredir. Getiri kısıtlılığı parametresine olan ihtiyaç literatürde, çoğu yatırımcıların riskten kaçınan bir yapıya sahip olmaları ve risk-nötr değerlemenin HBS uygulamaları gibi menkul kıymetler

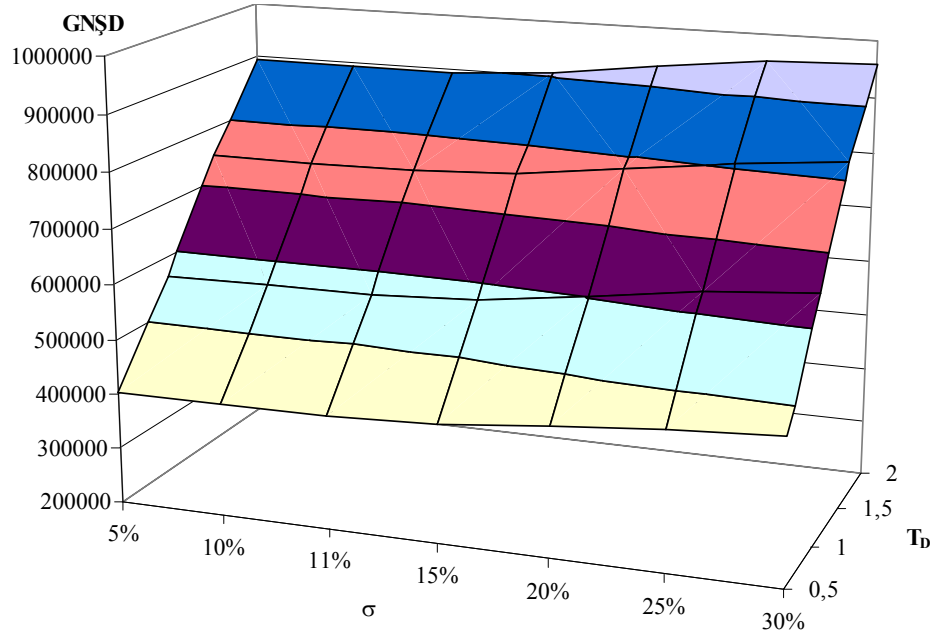
piyasalarında işlem görmeyen bilişim teknolojileri (BT) yatırımlarının bünyesinde mevcut opsiyonları olmaları gerektiğinden daha değerli hesaplaması olarak açıklanmaktadır (Trigeorgis, 1996). Bu ise aynı opsiyonları bünyesinde barındıran projelere birçok yatırımcının ilgi göstermesi yani yatırıma olan talep, arzı geçmesi durumunda yatırımın getiri oranı, benzer yatırımlardan elde edilen getiri oranının altına düşmesi olarak yorumlanabilir (Benaroch ve Kauffman, 2000). Günümüzde birçok sağlık kuruluşu ve hastane çeşitli ölçeklerde BT yatırımlarını gündemlerine aldığından ABC Hastanesi yönetimi de bu durumu değerlendirme modellerine yansıtmak için δ getiri kısıtlılığı parametresini kullanmıştır. Getiri kısıtlılığı parametresi ABC Hastanesi yönetiminin elinde bulundurduğu yönetsel ve stratejik esneklikleri uygulamaya almayıp ötelemesi ve bu süre boyunca ABC Hastanesinin kaybettiği potansiyel kazançlar veya nakit akışlarının bir göstergesi olarak da düşünülebilir. Dolayısıyla δ parametresi temettü dağıtan hisse senetlerini değerlemek için oluşturulan binom ağacındaki hisse senedi temettü getirisine benzetilebilir (Trigeorgis, 1996).

Tablo C.4'te görüldüğü üzere δ parametresindeki artış opsiyon değerlerinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu durum; HBS projesinin değerinin hesaplanması için kurulan binom ağacındaki yukarı yönde hareket olasılığını gösteren p parametresinin değerinin azalmasına ve böylelikle değerlendirme ağacı üzerinde sondan başa doğru ilerlerken aşağı yöndeki beklentiyi yansıtan değerlerin daha öne çıkmasına neden olmaktadır.

Bu bölümde T_D ve σ parametrelerindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Tablo C.5).

Gerek HBS yatırımının erteleme süresini gösteren T_D parametresi, gerekse de hasta başına karlılık (π) değişkeninin standart sapmasını gösteren σ parametresindeki artış opsiyon değerlerini artırmaktadır. Şekil 6.23'te bu iki parametrenin eş zamanlı artışının opsiyon değeri üzerinde sinerji yarattığı görülmektedir. Bu durum ise, σ ve T_D parametrelerindeki artış ile hasta başına karlılık (π) değişkeninin alabileceği olası en yüksek değerin artmasını sağlamakta ve beraberinde genişleme esnekliğini bünyesinde barındıran HBS uygulamasının erteleme kararını daha anlamlı hale getirmektedir. Bu durum erteleme ve genişleme opsiyonlarının birleşik değerlerinin

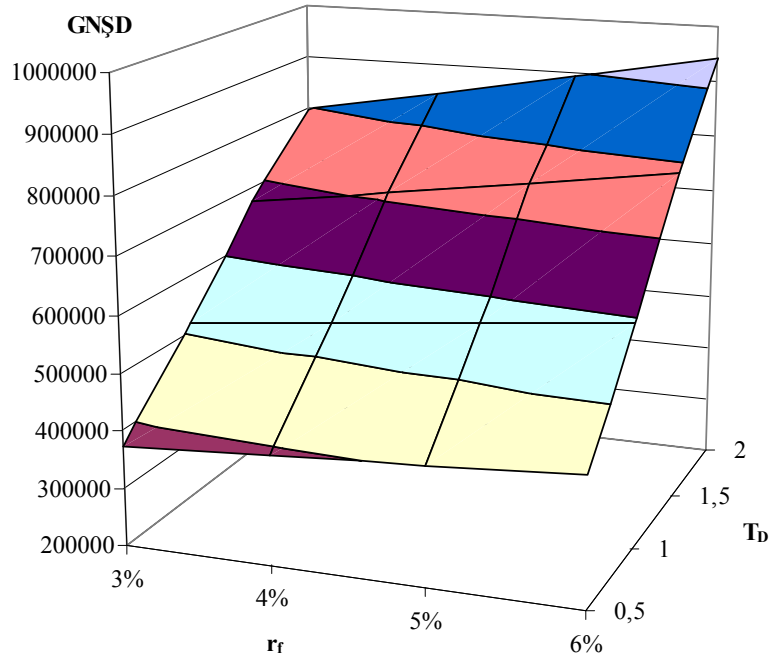
Tablo C.5’de verilen salt genişleme esnekliğine sahip projeden daha yüksek stratejik bir değer üretmesiyle de belirginleşmektedir.



Şekil 6.23 : T_D ve σ Parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)’ye Etkisi

Bu bölümde T_D ve r_f parametrelerindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Tablo C.6).

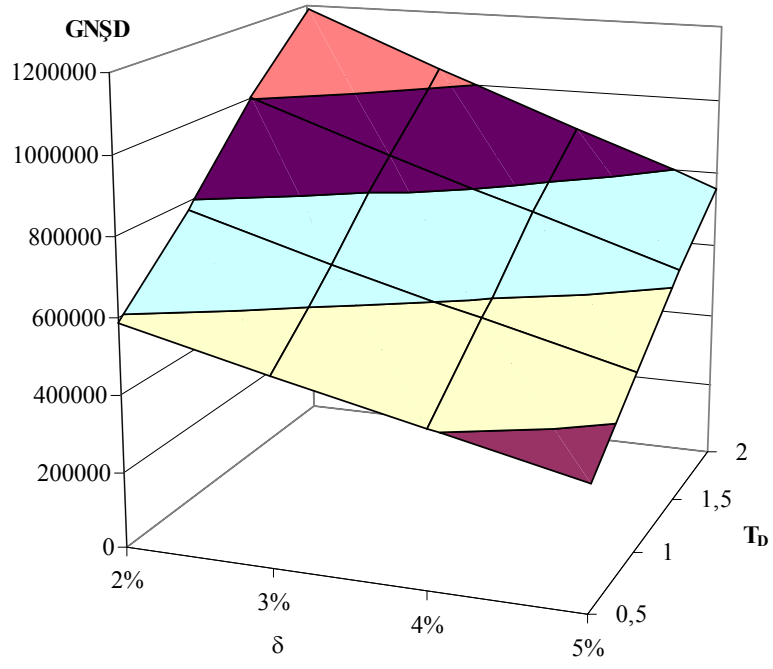
Şekil 6.24’te görüldüğü gibi, hem HBS yatırımının erteleme süresini gösteren T_D parametresi, hem de yatırımın değerlemesinde kullanılan risksiz getiri oranı r_f parametresindeki artış GNŞD(Erteleme+Genişleme) değerini arttırmaktadır. Tablo C.6’da verilen değerlendirme senaryolarında standart sapmayı gösteren σ parametresi temel değerlendirme senaryosu gereği %11 alındığından, hasta başına karlılık (π) değişkeninin alabileceği en yüksek değerler daha sınırlı kalmaktadır. Ancak T_D parametresindeki artış ile, hasta başına karlılık (π) değişkeninin alabileceği olası en yüksek değer artması sağlanmakta ve beraberinde genişleme esnekliğini bünyesinde barındıran HBS uygulamasının erteleme kararı daha anlamlı hale gelmektedir. Bu durum erteleme ve genişleme opsiyonlarının birleşik değerlerinin Tablo C.6’da verilen salt genişleme esnekliğine sahip projeden daha yüksek stratejik bir değer üretmesiyle de belirginleşmektedir.



Şekil 6.24 : T_d ve r_f Parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye Etkisi

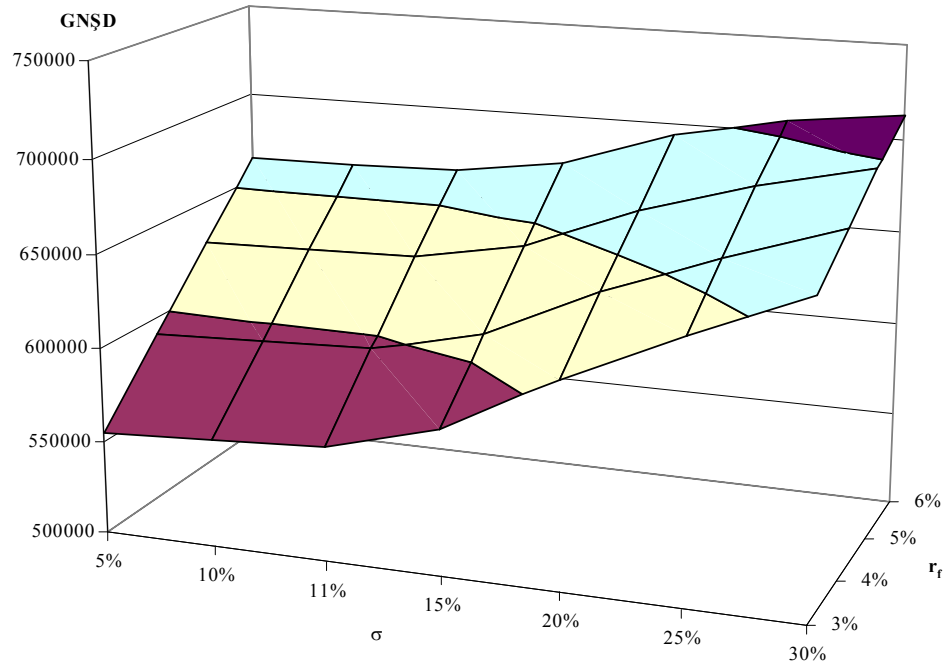
Bu bölümde T_d ve δ parametrelerindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Şekil 6.25 ve Tablo C.7).

HBS yatırımının ertelenebilme esnekliğini gösteren T_d parametresi gerek erteleme gerekse de erteleme ve genişleme opsiyonlarının birleşik değeri üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak ABC Hastanesi yönetiminin elinde bulundurduğu yönetsel ve stratejik esneklikleri uygulamaya almayıp ötelemesi ve bu bağlamda kaybedilen potansiyel kazançların veya nakit akışlarının bir göstergesi olarak tanımlanan getiri kısıtlılığı parametresi δ , opsiyon değerleri üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla Tablo C.7'de görüldüğü üzere; GNŞD'ler en yüksek değerlerine T_d parametresinin en büyük ve δ parametresinin en küçük değerlerinde ulaşmıştır. Bu durum ABC Hastanesi yönetimine HBS projesini ertelemenin oluşabilecek olumlu hasta sayısı ve hasta başına karlılık değerlerine rağmen gerek kaybedilen nakit akışları gerekse de sağlık sektöründeki diğer kuruluşların benzer yatırımlara yönelip pazara ortak olmalarından ötürü negatif etkilenebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla “bekle gör yaklaşımı” belli bir noktadan sonra ABC Hastanelerinin avantajlarının kaybolmasına sebep olabilecektir.



Şekil 6.25 : T_D ve δ Parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye Etkisi

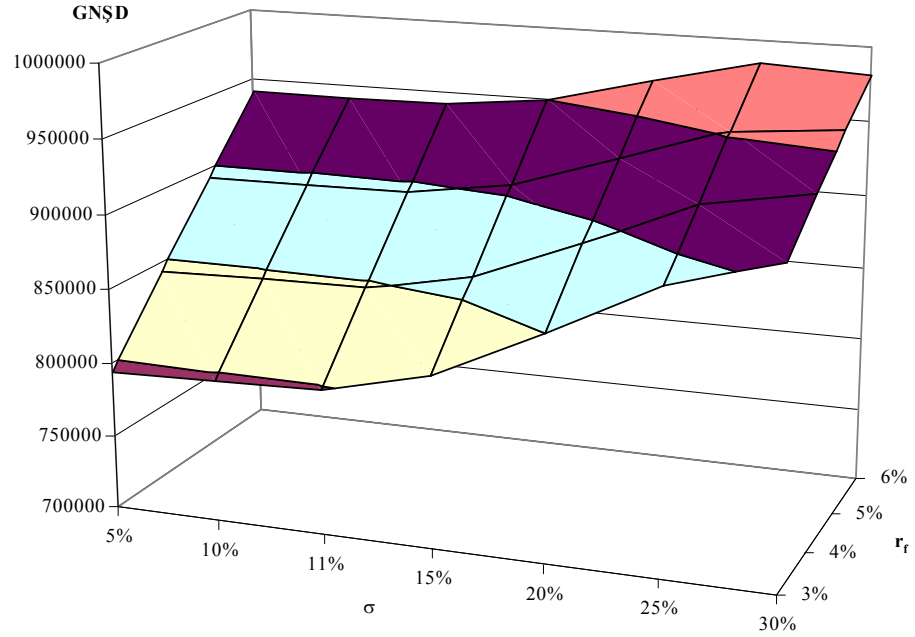
Bu bölümde σ ve r_f parametrelerindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Şekil 6.26 ve Tablo C.8).



Şekil 6.26 : σ ve r_f Parametrelerinin GNŞD(Erteleme)'ye Etkisi

HBS projesinin hasta başına ortalama kar değişkeni (π) üzerindeki belirsizliği σ ve değerlendirme modelinde kullanılan risksiz getiri oranı r_f parametrelerindeki artış; erteleme, genişleme ayrı ayrı ve erteleme ve genişleme opsiyonlarının birleşik değerlerinde artışa neden olmaktadır .

Şekil 6.26’da görüldüğü üzere σ ve r_f parametreleri GNŞD(Ertelme) değeri üzerinde sinerjist bir etkiye sahiptir. Bu etki; σ parametresinin temel değerlendirme senaryosundaki değeri olan %11 değerini aştıkça daha bariz bir şekilde hissedilmeye başlanmıştır. Bu durum genişleme esnekliğine sahip olmayan HBS uygulamasının temel senaryo gereği 2 yıl ertelenebilir olmasından doğmaktadır. Bir başka deyişle, erteleme ağacının derinliği 2 yıl olduğundan ve bu erteleme süresi boyunca gelirlerde oluşacak belirsizlik yüksek olduğundan erteleme opsiyonunun değeri de yüksek olacaktır. Şekil 6.26’da gözlemlenen σ ve r_f parametrelerinin GNŞD(Ertelme) değeri üzerindeki sinerjist etkisi, GNŞD(Ertelme+Genişleme) değerinde daha çok ön plana çıkmaktadır.



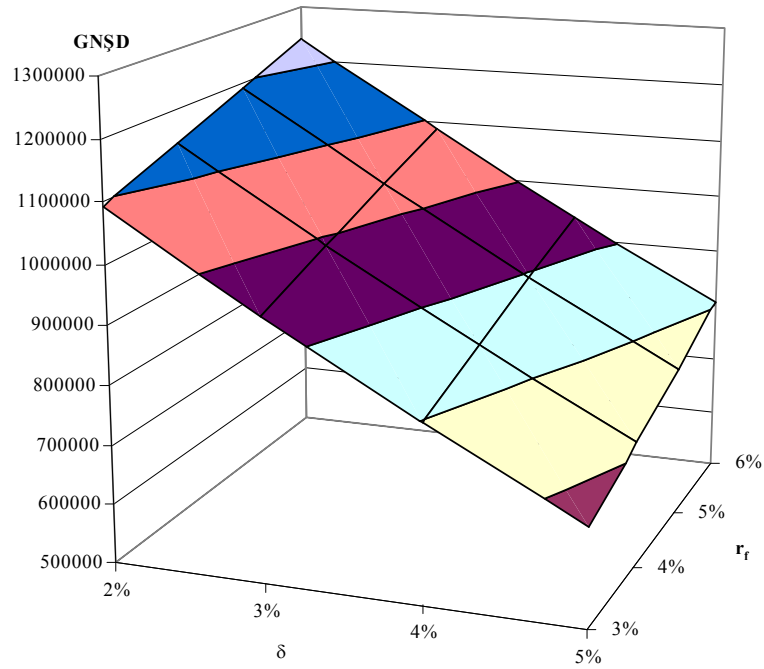
Şekil 6.27 : σ ve r_f Parametrelerinin GNŞD(Ertelme+Genişleme)’ye Etkisi

Şekil 6.27’de görüldüğü gibi, daha düşük σ değerlerinde bile opsiyonun değeri daha hızlı bir artış göstermektedir. Bu durum projenin genişleme esnekliğinin değerlendirme sürecine katılmasına bağlanılabilir. Tablo C.8’de görüldüğü üzere, erteleme esnekliğinin bulunmadığı durumda bile, projeyi genişletebilme esnekliği, opsiyon

değerini tek başına arttırmaktadır. Bu durum, oluşan piyasa şartlarının, projenin ölçeğinin büyütülmesini destekler sinyaller vermesinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 6.27’de görülen GNŞD(Erteleme+Genişleme)’deki yükseliş trendi σ parametresinin %25 - %30 aralığında değer aldığı durumlarda yerini daha yatay bir seyre bırakmaktadır. Yükseliş trendindeki bu ivme kaybı, erteleme ağacının ilerleyen dönemlerinde başlatılan genişleme esnekliğine sahip uygulama ağaçlarının değerlerindeki azalmalara bağlanabilir. Bu ise, ilerleyen bölümde incelenecek π_L ve π_H parametrelerinin hasta karlılığı (π) değişkeni üzerindeki etkilerinden doğmaktadır. Temel olarak hasta başına ortalama kar değişkeninin alabileceği değerleri proje yönetimince öngörülen kabul edilebilir bir aralıkta tutmayı hedefleyen bu parametreler, opsiyon değerlerini de sınırlamıştır.

Bu bölümde r_f ve δ parametrelerindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Tablo C.9).



Şekil 6.28 : r_f ve δ Parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)’ye Etkisi

Şekil 6.28’de görüldüğü üzere, risksiz getiri oranı r_f parametresi HBS projesinin değerinin hesaplanması için kurulan binom ağacındaki yukarı yönde hareket olasılığını gösteren p parametresinin değerinin artması ve böylelikle yukarı yöndeki

olumlu beklentiyi yansıtan değerlerin daha öne çıkmasına ve opsiyon değerlerinde bir artışa neden olmaktadır. Bu duruma karşılık, HBS projesindeki mevcut yönetsel ve stratejik esnekliklerin uygulamaya alınmayıp ertelenmesi ve bundan ötürü kaybedilen muhtemel nakit akışlarının bir göstergesi olan getiri kısıtlılığı parametresi δ , opsiyon değerleri üzerinde negatif bir etkiye sahiptir.

Tablo C.9’da görüldüğü üzere, risksiz getiri oranı r_f ve getiri kısıtlılığı δ parametreleri arasındaki fark negatif ya da pozitif yönde açıldıkça opsiyon değerlerindeki düşüş ya da artış eğilimleri ivme kazanmaktadır. Bu durum δ parametresinin, opsiyon değeri üzerinde temettü dağıtan hisse senetlerini değerlemek için oluşturulan binom ağacındaki hisse senedi temettü getirisine benzer bir etkiye sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Hisse senetlerinin temettü dağıtımından sonraki fiyat düzeltmelerinde olduğu gibi HBS projesindeki stratejik ve yönetsel esneklikler uygulamaya alınmadıkça projenin GNŞD değerleri düşüş göstermektedir.

Bir başka deyişle HBS projesinin getirisinin piyasa koşulları ve fırsat maliyetleri gibi faktörleri göz önünde bulundurarak hesaplanması getiri kısıtlılığı δ parametresi ile mümkün olmuştur. Bu bağlamda HBS projesinin yukarıda bahsi geçen duruma uyarlanmış getiri oranı α aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\alpha = r_f - \delta \quad (6.17)$$

Bu bölümde *Genişleme*($\cdot$) parametresindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkileri incelenecektir. Bu anlamda r_f parametresinin etkileri Tablo C.11’de, σ parametresinin etkileri Tablo C.12’de verilmiştir.

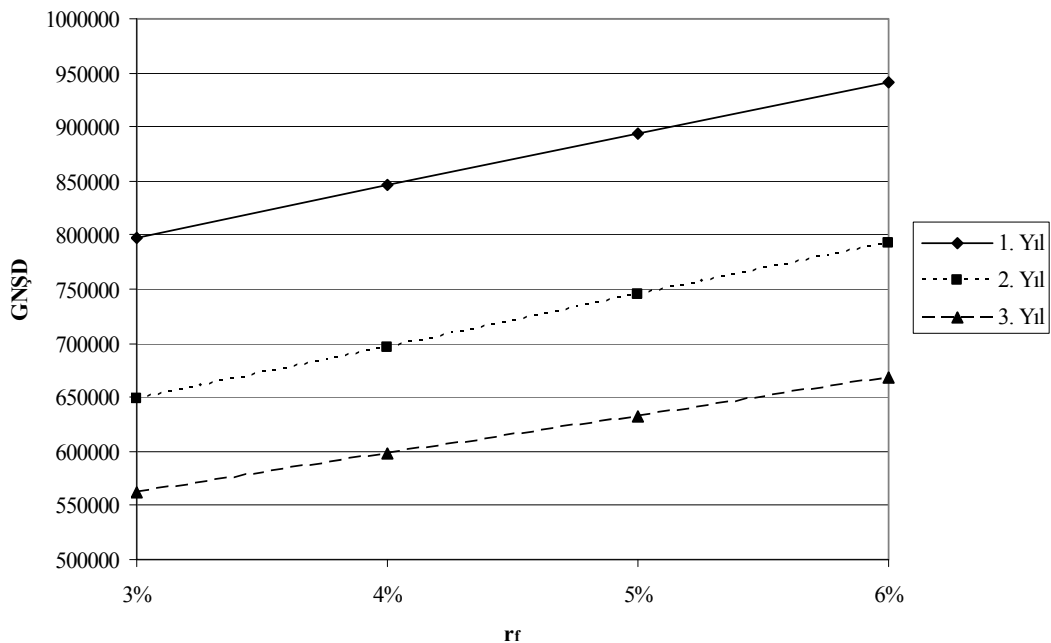
Temel olarak *Genişleme*($\cdot$) parametresi HBS projesi uygulamaya alındıktan sonra genişleme opsiyonunun mevcut olduğu dönemleri göstermektedir. Bir başka deyişle *Genişleme*($\cdot$) parametresi, ABC Hastanesi yönetiminin projenin ölçeğini artırma kararını gündeme aldığı dönemlere işaret etmektedir.

Tablo C.11 ve Tablo C.12’de sırasıyla proje süresi boyunca her ay, her 6 ay ve her 12 ayda bir projenin ölçeğini artırma kararının gündeme alındığı senaryolar incelenmiştir. Sonuçlar, genişleme esnekliğinin değerinin her üç senaryo için de hemen hemen aynı opsiyon değerlerini ürettiğini göstermiştir. Bu duruma, HBS

projesinin uygulamaya alındıktan sonraki piyasa koşullarını yansıtan; hasta sayıları $Hasta(\cdot)$ ve hasta başına ortalama kardaki iyileşmeyi gösteren $Imp(\cdot)$ parametreleri sebep olmaktadır. Tablo B.1 ve Tablo B.2’de görüldüğü gibi; her iki parametrenin değerleri de basamak fonksiyon şeklinde yıllık bazda artış göstermekte ve dolayısıyla en iyi genişleme koşulları yıl sonlarında oluşmaktadır. Bu durumda karar noktalarının sayısının artırılmasının opsiyon değerleri üzerinde hiç bir etkisi olmamaktadır.

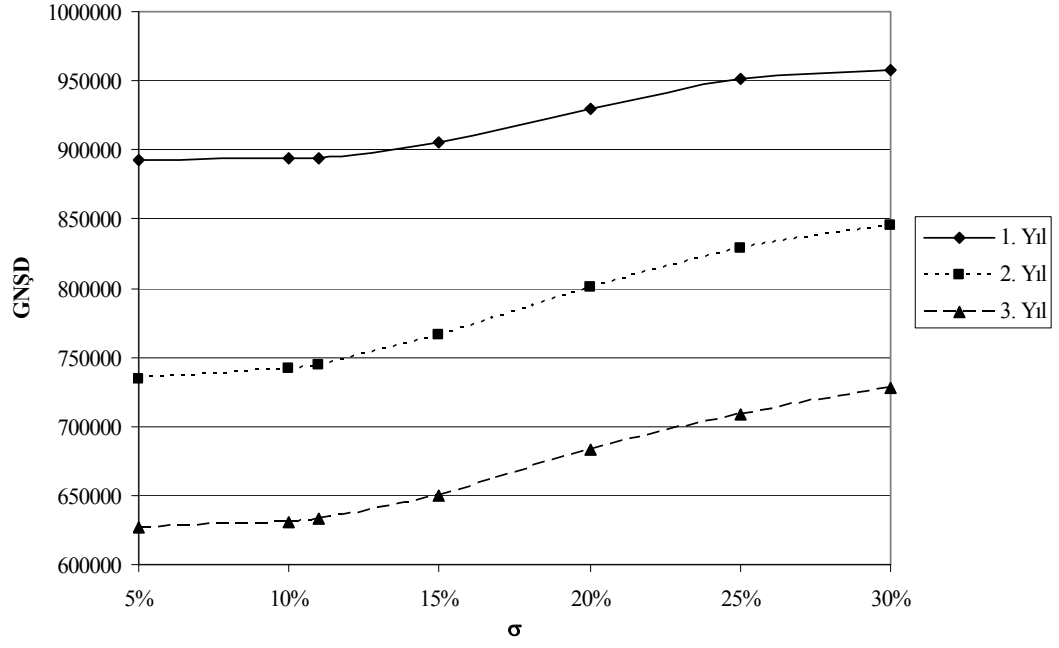
Bu analizi pekiştirmek için sadece 1. yıl, 2. yıl ve 3. yıllarda genişleme esnekliğinin mevcut olduğu senaryolar üretilmiştir. Bu anlamda her üç kurgu için de sırasıyla; r_f ve σ parametrelerinin etkileri incelenmiştir.

Şekil 6.29’da görüldüğü üzere risksiz getiri parametresi r_f ‘nin artan değerleri için, genişleme opsiyonunun da değeri artmakta ve tüm r_f değerleri için HBS projesinin uygulamaya alındıktan 1 yıl sonra ölçeği artırma yatırımının yapılmasının en iyi sonuçları ürettiği görülmektedir.



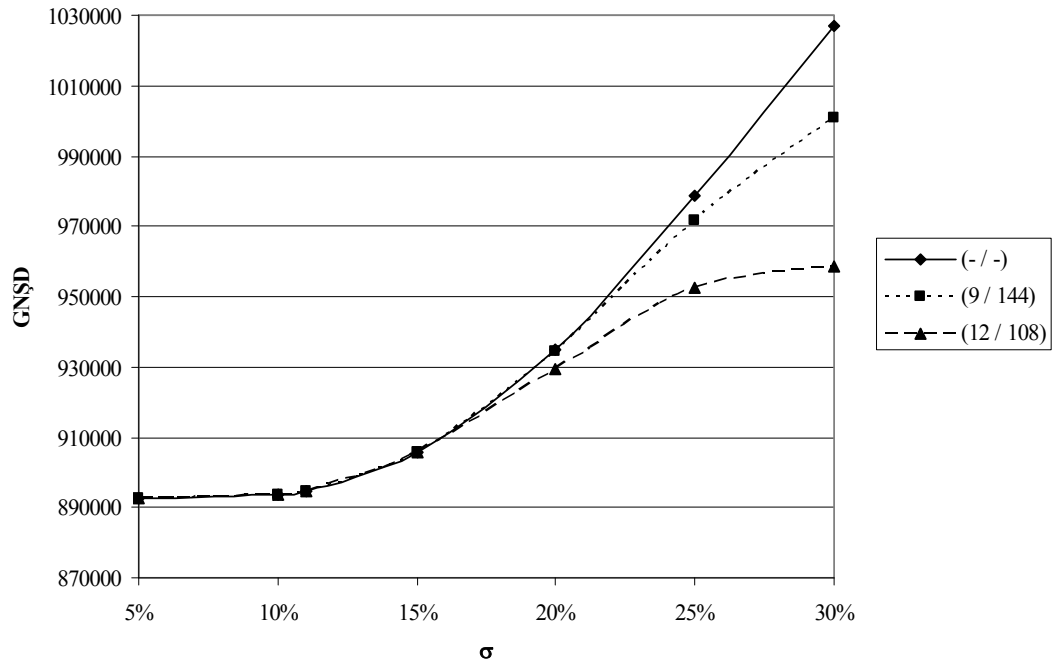
Şekil 6.29 : r_f ve $Genişleme(\cdot)$ Parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)’ye Etkisi

Şekil 6.30’da tüm σ değerleri için HBS projesi uygulamaya alındıktan 1 yıl sonra genişleme yatırımının en uygun sonuçları ürettiği görülmektedir.



Şekil 6.30 : σ ve $Genişleme(\cdot)$ Parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye Etkisi

Bir sonraki bölümde σ ve (π_L / π_H) parametrelerindeki değişimlerin opsiyon değerlerine olan etkisi incelenecektir (Şekil 6.31).



Şekil 6.31 : σ ve (π_L / π_H) Parametrelerinin GNŞD(Erteleme+Genişleme)'ye Etkisi

Tablo C.13'te görüldüğü üzere; düşük σ değerleri için GNŞD değerleri, π_L ve π_H parametrelerinden etkilenmemektedir. Ancak σ değerleri yükseldikçe hasta başına kar, değer ağacı üzerinde daha uç değerlere ulaşmaktadır ve opsiyon değerleri bu durumdan etkilenmektedir.

Tablo 6.5'te σ değerlerindeki artışın π değişkeninin, π_L ve π_H parametrelerini kestiği döneme olan etkisi gösterilmiştir.

Tablo 6.5: σ ve (π_L / π_H) Parametrelerinin π İçin Oluşturulan Değer Ağacındaki Kesişme Dönemine Etkileri

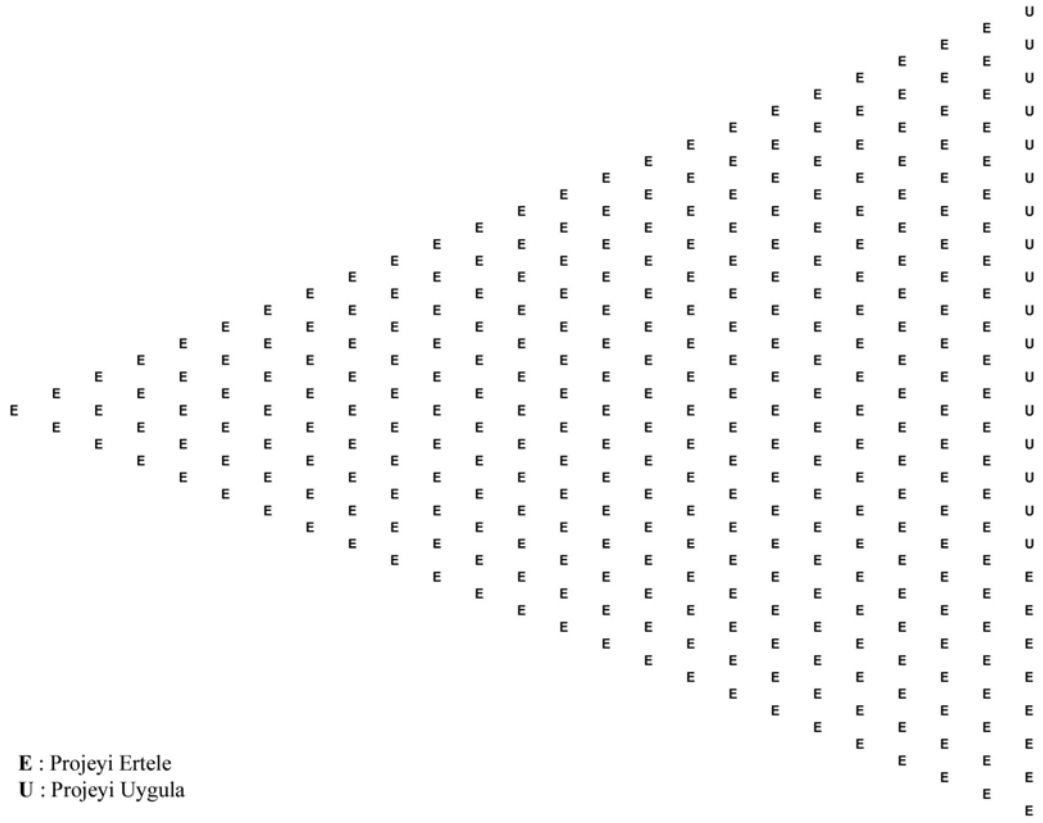
		σ						
	(π_L / π_H)	%5	%10	%11	%15	%20	%25	%30
π değerinin (π_L / π_H)	(\$9 / \$144)	96	48	43	32	24	19	16
çiftiyle kesiştiği dönem	(\$12 / \$108)	76	38	34	25	19	15	12

Tablo 6.5'te görüldüğü üzere; ABC Hastanesi yönetimince olası görülmeyen, hasta başına ortalama kar π değerlerini sınırlamak için konulan π_L ve π_H parametreleri, artan σ değerleriyle daha erken etkin olmakta ve bir noktada opsiyon değerlerini de sınırlamaktadır.

Son olarak; ABC Hastanesi proje yönetimine değişken piyasa şartlarında nasıl hareket etmesi gerektiği konusunda kılavuz niteliğinde bir yol haritası sunulmuştur.

Şekil 6.32'de görüldüğü üzere; ABC Hastanesinin HBS projesini gündeme aldığı piyasa koşullarında yatırım kararını mümkün olduğunca erteleme, projenin potansiyel getirilerini en üst değerlere taşımaktadır.

Şekil C.4'te, HBS Projesi yol haritasının oluşturulması için temel alınan erteleme ağacı verilmiştir. Temel senaryo değişken ve parametrelerinin kullanıldığı binom değerlendirme ağacı üzerinde her döneme ve bu dönemlerde mevcut durumlara göre HBS projesinin uygulanması veya ertelenmesi kararlarının getirileri ve bu getiriler doğrultusunda optimum yatırım kararı gösterilmiştir.



Şekil 6.32 : Erteleme ve Genişleme Esnekliklerine Sahip HBS Projesi İçin Yol Haritası

Bu bölümde, reel opsiyon değerlendirme yöntemi kullanılarak Türkiye’de sağlık sektöründe faaliyet gösteren ABC Hastaneler Grubunun, önümüzdeki dönemlerde ele alacağı HBS projesinin değerlemesi yapılmıştır. Bu anlamda geleneksel NŞD yöntemleriyle HBS projesi değerlendirilmiş, ardından oluşturulan reel opsiyon değerlendirme modeli üzerinde yatırımın bünyesinde barındırdığı stratejik ve yönetsel esneklikler değerlendirilmiştir. ABC Hastanesi yönetiminin önümüzdeki dönemlerde oluşabilecek piyasa koşullarında daha etkin karar verebilmesi için, olası senaryolar model değişken ve parametreleri cinsinde üretilmiştir. Sonuçlar çeşitli tablo ve grafikler ışığında yorumlanmıştır.

Sonuç olarak, negatif NŞD değerine sahip olan, dolayısıyla geleneksel yöntemler tarafından reddedilmesi gereken bir projenin, barındırdığı stratejik ve yönetsel esneklikler sayesinde ilerleyen dönemlerde oluşabilecek koşullar dahilinde yapılabilir olabileceği ortaya konulmuştur.

7 SONUÇLAR

Küreselleşmeyle beraber, her geçen gün şartların daha da sertleştiği piyasalarda rekabetçi konumlarını korumaya çalışan firma yöneticilerinin önünde her zaman için bir “ya eğer” koşulu ve arkasında cevabı saklı belirsiz sorular durmaktadır. Karar vericilerin cevap bulması gereken bu soruların asıl nedeni, tabii ki rekabet edebilmek için kullanabilecekleri kaynakların kısıtlı olmasındandır. Bu kısıtlı kaynaklarla firmanın getirisini olası en yüksek seviyeye taşımak, bir sonraki adımda da firmanın gelecekteki pozisyonunu daha iyi bir noktaya çekecek, uzun vadeli stratejik yatırım serisini canlı tutacak şekilde yatırım alternatiflerini hızlı bir şekilde değerlendirmek ve firma için en uygun olan kararı almak; yöneticilerin profesyonel yaşamlarında sıkça karşılaştıkları problemler arasındadır.

Geleneksel yatırım değerlendirme yöntemleri arasında en yaygın olanı Net Şimdiki Değer (NŞD) yöntemidir. Fakat NŞD yöntemi karar alma sürecinde stratejik unsurları ve yönetsel esneklikleri gözardı etmektedir. Bir yatırımın bünyesinde topladığı, birçok açıdan tamamen geri dönülmez yapıda olan doğası, sağlayacağı getiriler üzerindeki belirsizlikler ve firma için azami faydanın elde edilebilmesi için yatırım zamanlaması ve ölçeğinin ne olması gerektiği gibi, bilinmeyenler arasındaki etkileşimin NŞD yöntemi ile modellenmesi mümkün değildir. Bu durum yatırım kararını etkileyecek yönetsel esneklik unsurunun tamamen denklemin dışında kalması olarak da özetlenebilir.

Yatırım uzmanları, yatırım modellerinde stratejik ve finansal konuların bütünleştirilerek incelenmesi gerekliliğini kabullenmektedir. Yöneticilere bu açılımı sunan Reel Opsiyonlar (RO) yöntemi, geleneksel yatırım değerlendirme yöntemlerindeki yukarıda belirtilen eksikliklerin önüne geçme imkanını tanımıştır. Günümüzde çok uluslu firmalar reel opsiyonlar yöntemini, yatırım projelerinin bünyelerinde barındırdığı riskleri, fırsatları daha iyi analiz etme ve potansiyel faydalarından daha yüksek kazanç sağlamak amacıyla kullanmaktadır. Buna rağmen, RO yöntemi, şimdiye kadar kullanılan yöntemlerin tamamıyla yerini alacak bir yatırım değerlendirme

aracı olarak görülmemelidir. Geleneksel NŞD yöntemleri ve RO yöntemi karar verme aşamasında birbirini tamamlayan araçlar olarak düşünülmelidir.

Bir firma büyüebilmek ve geleceğini güvence altına alabilmek için rekabetçi kimliğini asla kaybetmemelidir. Pazardaki yaygınlığını artırması ve farklı demografik özelliklere sahip müşteri kitlelerine hitap edebilmesi gerekmektedir. Bununla beraber, firmanın portföyüne yeni bir müşteriyi dahil etmenin maliyeti eldeki müşteriyi korumaktan daha yüksektir. Bu anlamda, günümüzde firmaların en önem verdiği stratejiler arasında şüphesiz ilk sırayı ellerindeki müşteri portföyünü koruma ve bu portföye hitap eden pazarlama faaliyetleriyle daha fazla hizmet ve/veya ürün satma üzerinden ek büyüme sağlanması almaktadır. Bunu takiben portföye yeni müşterilerin dahil edilmesi de şarttır. Bu vizyonla hareket eden firmalar öz kaynaklarını daha iyi kullanma ve iş süreçlerini de buna göre organize etme eğilimindedirler. Bu durum firmaların bilişim teknolojileri (BT) yatırımlarına olan artan ihtiyaçlarını da açıklamaktadır.

Firmalar BT çözümlerini özellikle; veri kaynaklarının düzenlenmesi, veri analizi ve raporlamalarla bilgiye daha çabuk ulaşılması, güvenli iletişimin sağlanması, zaman tasarrufu, karlılığın artırılması, maliyet optimizasyonu, üretim ve lojistik faaliyetlerinin planlanması, yöneticilerin vereceği kararların desteklenmesiyle işletme üzerindeki kontrollerin artırılması ve rekabet avantajı sağlanması amacıyla kullanmaktadırlar.

Yukarıdaki ihtiyaçları bir şemsiye altında toplayan ve çözüm öneren Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) sistemleri işletmenin verimliliğini, kalite ve rekabet edebilirliğini artırmak için, her tür verinin biraraya getirildiği ve sonucunda güvenli bilginin elde edildiği bütünleşik bir düzen olarak özetlenebilir. KKP sistemleri; rekabet üstünlüğü elde edebilmek için en iyi iş uygulamalarını, yöntemlerini ve araçlarını belirlemeyi ve bunları uygulamayı hedefleyen, firmanın orta ve uzun vadeli stratejilerini etkileyen ve yön verebilen canlı uygulamalardır. Genel olarak firmalara kısa vadede önemli maliyetler yüklemekle beraber, sermaye ortaklarının performans ölçütlerine cevap verecek şekilde getiri sağlaması, operasyonel ve yönetsel maliyetleri daha düşük seviyelere çekmesi orta ve uzun vadede gerçekleşecektir. Dolayısıyla bir firma için KKP yatırımının zamanlaması, ölçeği ve geleceğe yönelik sunacağı teknolojik açılımlar, yöneticilerin önündeki önemli seçim

ölçütleri olarak karşımıza çıkmaktadır. KKP sistemleri, petrol, kimya, bankacılık, otomotiv, havacılık, lojistik ve sağlık gibi özel iş süreçlerine sahip sektörleri de destekleyebilmektedir.

Bu çalışmada bir Hastane Bilgi Sistemleri (HBS) uygulaması yatırımının bünyesinde yer alan stratejik unsurların değerlemesini konu alan gerçek bir vaka çalışması yapılmıştır. HBS'ler sağlık sektöründe faaliyet gösteren firmaların beklentilerini karşılayacak şekilde özelleştirilmiş ve genişletilmiş KKP sistemleridir. HBS'lerin temel amacı bir sağlık kurumunun sorunsuz, kaliteli ve hızlı hizmet verebilmesi için gerekli altyapıyı sunmak ve bu kurumların üretkenlik ve karlılıklarına katkılar sağlamaktır.

Bu faydalarına karşın, tıpkı KKP yatırımları gibi HBS yatırımları da maliyetleri oldukça yüksek olan yatırımlardır. Ayrıca bu yatırımlar, yüksek maliyetlerinin yanı sıra, bünyelerinde barındırdıkları çeşitli yönetsel ve stratejik esnekliklerden ötürü ekonomik değerlemesi oldukça karmaşık yatırımlardır. Dolayısıyla bu türde yatırımların değerlemesinde mevcut esneklikleri yansıtabilecek bir yöntem gereklidir. Bu bağlamda, sunulan örnek vaka çalışmasında gerçek bir HBS yatırımının değerlemesinde reel opsiyon yaklaşımı kullanılmıştır.

Uygulama bölümünde sunulan vaka çalışmasında ABC Hastanesinin önümüzdeki dönemler içinde ele alacağı HBS projesi yatırımı incelenmiştir. Öncelikli olarak proje geleneksel NŞD yöntemiyle incelenmiş ve negatif NŞD değeri elde edilmiştir. İkinci adımda proje bünyesindeki mevcut esneklikler ortaya konulmuş ve bu esneklikler modellemede kullanılacak reel opsiyon türleri belirlenmiştir. Bu eşleme sonucunda HBS projesinin birçok BT yatırımının da bünyesinde barındırdığı yatırımı erteleme ve ideal piyasa şartları oluşursa projenin ölçeğini genişletme esnekliklerini barındırdığı ortaya konulmuştur. Bir sonraki adımda modele uygun çözüm yönteminin seçimi yapılmıştır. Bu noktada HBS projesi yatırımının erteleme ve genişleme esnekliklerini eş zamanlı olarak bulundurması ve her iki opsiyonun da proje süresince ABC Hastanesi proje yönetimince öngörülen zaman dilimleri içinde herhangi anda uygulanabilir olması, değerlendirme modelinin oluşturulmasındaki temel güçlüğü oluşturmuştur. Binom ağaçları, gerek birleşik opsiyon değerlerinin hesaplanması gerekse de Amerikan tipi opsiyonların değerlemesinde sağladıkları esneklik ve avantajlardan ötürü diğer çözüm yöntemlerine tercih edilmişlerdir.

Önerilen reel opsiyon platformunun son adımında ABC Hastanesi yönetimince öngörülen olası piyasa koşullarında proje getirisinin nasıl etkileneceğinin hesaplanması adına çeşitli senaryolar üretilmiş ve sonuçlar oluşturulan tablolar ve grafikler ışığında yorumlanmıştır.

Bu çalışmada sunulan gerçek vaka analizi bir HBS uygulaması yatırımının reel opsiyon yaklaşımıyla değerlemesi anlamında özgünlük arz etmektedir. HBS uygulaması yatırımının değerlemesi için önerilen model ve bilgisayar ortamında oluşturulan otomasyon gerek birçok hizmet sektörü yatırımlarının değerlemesi gerekse de çeşitli ölçekte BT yatırımlarının değerlemesine izin verecek yapı ve esnekliktedir. Ayrıca değerlemesi yapılan BT projesinin bünyesinde mevcut erteleme ve yatırımın ölçeğinin değiştirilmesi esneklikleri birçok BT yatırımının doğasında bulunmaktadır. Dolayısıyla çalışmada sunulan model salt yapılan vaka çalışmasına özel değil, birçok yatırımın yapı ve dinamiklerine uygun genel kullanımlı bir çözüm sağlamaktadır.

Bu bağlamda reel opsiyon yaklaşımını temel alarak oluşturulan karar destek sistemi çeşitli model parametreleri vasıtasıyla farklı piyasa koşullarına uyum sağlayabilmektedir. Modelin uyarlanabilir esnek yapısı, projede mevcut yönetsel ve stratejik esneklikleri önceki çalışmaların aksine, sadece önceden belirlenmiş sabit tarihlerde değil, proje yönetimince öngörülen olası farklı karar noktalarında değerleyebilmektedir. Bir başka deyişle önerilen model, önceki çalışmalardan farklı olarak, yatırımda mevcut esneklikleri bir dizi Avrupa tipi opsiyon olarak ele almamakta, gerçek anlamda Amerikan tipi opsiyonlarla modellemekte ve değerlemesini yapmaktadır. Bu noktada daha önceki çalışmalarda karşılaşılan bu temel zorluğu aşmak adına değerlendirme modelinde ve oluşturulan otomasyonda dinamik programlama teknikleri kullanılmıştır.

Çalışmada önerilen değerlendirme platformu sadece erteleme ve genişleme esnekliğini değerlemekle sınırlı değildir. Modelin esnek yapısı yalnızca yatırımın boyutunu genişletme opsiyonunun değerlemesinde değil, yatırımın boyutunun küçültülmesi opsiyonunun değerlemesinde de kullanılabilir. Bu durumun sağlanması için %x model parametresinin negatif bir sayı seçilmesi yeterli olmaktadır. Böylelikle uygun olmayan piyasa koşullarının oluşması durumunda mevcut yatırımın

boyutunun belli bir maliyet karşılığı küçültülebilmesi esnekliği de değerlendirilebilir.

Ayrıca sunulan değerlendirme modelinde hasta başına karlılık için oluşturulan binom ağacı için önerilen alt ve üst sınır parametrelerinin kullanımıyla çok uzun değerlendirme ufkunda proje yönetiminde makul bulunmayan değerlerin yatırımın değerini gereğinden fazla yükseltmesi engellenmiştir. Böylelikle önceki çalışmalarda mevcut temel bir sorunun üstesinde gelinmiştir.

Çalışmada, yapılan senaryo analizleri bağlamında yatırımın bünyesinde mevcut opsiyonlar arası etkileşimler de incelenmiştir. Bu amaçla farklı senaryoların genişletilmiş NŞD (GNŞD) değerleri sadece erteleme opsiyonunun, sadece genişleme opsiyonunun ve her iki opsiyonun da eş zamanlı olarak bulunduğu durumları kapsayacak şekilde hesaplanmıştır. Gerek yatırımı erteleme opsiyonu, gerekse de genişleme opsiyonları alım opsiyonlarıdır. Dolayısıyla erteleme ve genişleme opsiyonlarının ayrı ayrı değerlerinin toplamının, birleşik opsiyon değerinden büyük olması beklenmektedir (Trigeorgis, 1996). Ancak her iki opsiyonun geçerli olduğu zaman dilimleri farklı olduğundan bu ifade doğrulanamamaktadır. Aksine genişleme esnekliğine sahip bir projenin ertelenmesinin yani birleşik opsiyonun değeri, sadece erteleme veya sadece genişleme esnekliğine sahip yatırımın ayrı ayrı ve toplam değerlerinden büyük çıkmaktadır. Bu durum ise HBS yatırımı bünyesinde bulunan opsiyonların birleşik değerlerinin sinerjist bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, reel opsiyon yaklaşımının bir yatırım fırsatının taşıdığı belirsizliğin daha iyi modellenmesine imkan tanıyarak yatırımın gerçek değerini daha kapsamlı bir şekilde analizine olanak sağladığı yapılan uygulamada ortaya konulmuştur. Görüldüğü üzere reel opsiyon değerlendirme yaklaşımı yöneticilere firmaların orta ve uzun vadedeki stratejilerini optimize edebilmeleri adına bir yol haritası sunmaktadır. Bu duruma karşın reel opsiyon yaklaşımı geleneksel değerlendirme yöntemlerinin yerini almak için değil, bu yöntemleri stratejik ve yönetsel unsurları değerleyecek bir şekilde tamamlamak için ortaya konulmuştur. Yatırım ufkuna, yatırımın büyüklüğüne ve doğasındaki belirsizlik seviyesine bağlı olarak karar verme aşamasında bu yöntemler, birbirlerini tamamlayıcı yöntemler olarak dikkate alınmalıdır. Yapılan uygulama geleneksel NŞD değerlendirme yöntemlerince kabul edilir

görülmeyen yatırımların bile, bünyelerinde barındırdıkları stratejik ve yönetsel unsurlar sayesinde ve gelecekte oluşması muhtemel koşullar dahilinde kabul edilebilir bir hal alabileceğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla sonuçlar, reel opsiyon yaklaşımının genel anlamda BT uygulaması yatırımlarının değ rlemesine yeni açılımlar kattığını vurgulamaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, literatürde mevcut diğ r opsiyon türleri de dikkate alınmak suretiyle sunulan çalışmanın kapsamı daha da genişletilebilir. Böylelikle karar vericilere daha geniş uygulama alanına sahip ve kapsamlı bir reel opsiyon değ rleme modeli sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Adam, F. and Sammon, D.,** 2004. The Enterprise Resource Planning Decade: Lessons Learned and Issues for the Future, Idea Group Publishing.
- Amram, M., Kulatilaka, N. and Henderson, J.,** 1999. Taking an Option on IT, *CIO Enterprise Magazine*, **12**, 17, 46-52.
- Barone-Adesi, G. and Whaley, R.E.,** 1987. Efficient Analytic Approximation of American Option Values, *The Journal of Finance*, **42**, 301-320.
- Baseline,** 2006. ERP market surges in 2006. [Çevrimiçi] Elektronik Adres: <http://www.baselinemag.com/article2/0,1540,2027392,00.asp>, [31.10.2007].
- Benaroch, M. and Kauffman, R.J.,** 2000. Justifying Electronic Banking Network Expansion Using Real Options Analysis, *MIS Quarterly*, **24**, 2, 197-225.
- Benaroch, M.,** 2002. Managing Information Technology Investment Risk: A Real Options Perspective, *Journal of Management Information Systems*, **19**, 2, 43-84.
- Benchmarking Partners,** 1998. ERP's second wave: maximizing the value of ERP-enabled processes, Deloitte Consulting study.
- Bengtsson, J.,** 2001. Manufacturing Flexibility and Real options: a review, *International Journal of Production Economics*, **74**, 213-224.
- Bernardo, A. and Chowdhry, B.,** 2002. Resources, Real Options, and Corporate Strategy, *Journal of Financial Economics*, **63**, 211-234.
- Black, F. and Scholes, M.,** 1973. The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*, **81**, 637-659.

- Bodie, Z., Kane, A. and Marcus, A.J.**, 2005. Investments, 6th edition, MacGraw-Hill/Irwin, New York.
- Boer, F.**, 2000. Valuation of Technology Using Real Options, *Research Technology Management*, **43**, 4, 20-30.
- Bollen, N.**, 1999. Real Options and Product Life Cycles, *Management Science*, **45**, 5, 670-684.
- Boyle, P.P.**, 1977. Options: A Monte Carlo Approach, *Journal of Financial Economics*, **4**, 323-38.
- Brach, M.A. and Paxson, D.**, 2001. A Gene to Drug Venture: Poisson Options Analysis, *R&D Management*, **31**, 2, 203-214.
- Brach, M.A.**, 2003. Real Options in Practice, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Brealey, R.A. and Myers, S.C.**, 2003. Principles of Corporate Finance 7th edition, Irwin McGraw-Hill , New York.
- Brennan, M. and Schwartz, E.**, 1985. Evaluating Natural Resource Investments, *Journal of Business*, **58**, 2, 135-157.
- Carr, P.**, 1988. The Valuation of Sequential Exchange Opportunities, *The Journal of Finance*, **43**, 5, 1235-1256.
- Chen, I.J.**, 2001. Planning for ERP Systems: Analysis and Future Trend, *Business Process Management Journal*, **7**, 5, 374-386.
- Childs, P. and Triantis, A.**, 1999. Dynamic R&D Investment Policies, *Management Science*, **45**, 10, 1359-1377.
- Chorn, L.G. and Sharma, A.**, 2001. Valuing Investments in Extensions to Product Lines and Services Offerings When Facing Competitive Entry, Fifth Real Option Conference, Los Angeles.

- Chung, K. and Charoenwong, C.,** 1991. Investment Options, Assets in Place, and the Risk of Stocks, *Financial Management*, **20**, 3, 21-33.
- Chung, K.,** 1990. Output Decision under Demand Uncertainty with Stochastic Production Function: A Contingent Claims Approach, *Management Science*, **36**, 11, 1311-1324.
- Clemons, E.K. and Weber, B.,** 1990. Strategic Information Technology Investments: Guidelines for Decision-Making, *Journal of Management Information Systems*, **7**, 2, 9-28.
- Copeland, T. and Antikarov, V.,** 2001. Real Options: A Practitioner's Guide, Texere, New York
- Cortazar, G. and Casassus, J.,** 1998. Optimal Timing of a Mine Expansion: Implementing a Real Options Model, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, **38**, 755-769.
- Cortazar, G. and Schwartz, E.,** 1993. A Compound Option Model of Production and Intermediate Inventories, *The Journal of Business*, **66**, 4, 517-540.
- Cortazar, G., Schwartz, E. and Salinas, M.,** 1998. Evaluating Environmental Investments: A Real Options Approach, *Management Science*, **44**, 8, 1059-1070.
- Cox, J. and Rubinstein, M.,** 1985. Options Markets, Prentice Hall, New York.
- Cox, J., Ross, S. and Rubinstein, M.,** 1979. Option Pricing: A Simplified Approach, *Journal of Financial Economics*, **7**, 229-263.
- Davenport, T.H.,** 1998. Putting the Enterprise into the Enterprise System. *Harvard Business Review*, **76**, 4, 121-131.
- Davenport, T.H.,** 2000. Mission Critical: Realizing The Promise of Enterprise Systems, Harvard Business School Press, Boston.
- Dixit, A.K. and Pindyck, R.S.,** 1994. Investment Under Uncertainty, Princeton University Press, New Jersey.

- Erdogmus, H. and Vandergraaf, J.,** 1999. Quantitative Approaches for Assessing the Value of COTS-centric Development, Sixth International Symposium on Software Metrics, Florida, 279-290.
- Fisher, I.,** 1907. The Rate of Interest: Its Nature, Determination and Relation to Economic Phenomena, Macmillan, New York.
- Geske, R. and Johnson, H.E.,** 1984. The American Put Option Valued Analytically, *The Journal of Finance*, **39**, 5, 1511-1524.
- Gibson, R.,** 1991. Option Valuation: Analyzing and Pricing Standardized Option Contracts, McGraw-Hill, New York.
- Haug, E.G.,** 2006. The Complete Guide To Option Pricing Formulas, second edition, McGraw-Hill, New York.
- Herath, H.S.B. and Park, C.S.,** 1999. Economic Analysis of R&D Projects: An Options Approach, *The Engineering Economist*, **44**, 1, 1-35.
- Hodder, J. and Riggs, H.,** 1985. Pitfalls in Evaluating Risky Projects, *Harvard Business Review*, **63**, 1, 128-135.
- Huchzermeier, A. and Loch, C.H.,** 1999. Evaluating R&D Projects as Learning Options: Why More Variability Is Not Always Better, in H. Wildemann, ed., Produktion und Controlling München: TCW Transfer Centrum Verlag, 185–197.
- Hull, J.C. and White, A.,** 1987. The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities, *Journal of Finance*, **42**, 281-300.
- Hull, J.C. and White, A.,** 1988, The Use of the Control Variate Technique in Option Pricing, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **23**, 3, 237-251.
- Hull, J.C. and White, A.,** 1990. Valuing Derivative Securities Using the Explicit Finite Difference Method, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **25**, 87-100.

- Hull, J.C.**, 2002. Options, Futures, & Other Derivatives, Fifth edition, Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Imai, J. and Nakajima, M.**, 2000. A Real Option Analysis of an Oil Refinery Project, *Financial Practice and Education*, **10**, 2, 78-91.
- Ingersoll, J. and Ross, S.**, 1992. Waiting to Invest: Investment and Uncertainty, *Journal of Business*, **65**, 1, 1-29.
- Jagle, A.**, 1999. Shareholder Value, Real Options, and Innovation in Technology-Intensive Companies, *R&D Management* , **29**, 3, 271-290.
- Jensen, K. and Warren, P.**, 2001. The Use of Options Theory to Value Research in the Service Sector, *R&D Management*, **31**, 2, 173-180.
- Kamrad, B. and Ernst, R.**, 2001. An Economic Model for Evaluating Mining and Manufacturing Ventures with Output Yield Uncertainty, *Operations Research*, **49**, 5, 690-699.
- Karakanian, M.**, 2000. Choosing an ERP implementation strategy: Year 2000, *Practitioner*, **2**, 7, 1-6.
- Karsak, E.E. and Özoğul, C.O.**, 2002. An Options Approach to Valuing Expansion Flexibility in Flexible Manufacturing System Investments, *The Engineering Economist*, **47**, 2, 169-193.
- Karsak, E.E. and Özoğul, C.O.**, 2005. Valuation of expansion flexibility in flexible manufacturing system investments using sequential exchange options, *International Journal of Systems Science*, **36**, 5, 243-253.
- Karsak, E.E.**, 1996. An Options Approach To Valuing Flexibility in Flexible Manufacturing Systems Investments, *Proceedings of the 6th IFIP TC5/WG5.7 International Conference on Advances in Production Management Systems*, Kyoto, Japan, 87-92.
- Keeley, R. and Punjabi, S.**, 1996. Valuation of Early-Stage Ventures: Option Valuation Models versus Traditional Approaches, *Journal of Entrepreneurial & Small Business Finance*, **5**, 2, 114-138.

- Kellogg, D. and Charnes, J. M.,** 2000. Real-Options Valuation for a Biotechnology Company: Association for investment, *Management and Research*, **56**, 3, 76-84.
- Kelly, S.,** 1998. A Binomial Lattice Approach tor Valuing a Mining Property IPO, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, **38**, 693-709.
- Kemna, A.,** 1993. Case Studies on Real Options, *Financial Management*, **22**, 3, 259-270.
- Kensinger, J.,** 1987. Adding the Value of Active Management into the Capital Budgeting Equation, Midland Corporate, *Finance Journal*, **5**, 1, 31-42.
- Kester, W.C.,** 1984. Todays Options for Tomorrows Growth, *Harvard Business Review*, **62**, **2**, 153-160.
- Kester, W.C.,** 1993. Turning Growth Options Into Real Assets. in Capital Budgeting Under Uncertainty. R. Aggarwal ed., Englewood Cliffs. NJ. Prentice-Hall, 187-207.
- Klaus, K., Rosemann, M. and Gable, G.G.,** 2000. What is ERP?, *Information Systems Frontiers*, **2**, 2, 141–176.
- Kogut, B. and Kulatilaka, N.,** 1994. Options Thinking and Platform Investments: Investing in Opportunity, *California Management Review*, **36**, 2, 52-67.
- Kolb, R. and Overdahl, J.,** 2003. Financial Derivatives, John Wiley, New York.
- Kolb, R.,** 1995. Understanding Options, John Wiley, New York.
- Kremzar, M.H. and Wallace, T.F.,** 2001. ERP: making it happen: The implementer's guide to success with enterprise resource planning, Wiley, New York.

- Kulatilaka, N. and Amram, M.,** 1999. Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World, Harvard Business School Press, Boston.
- Kulatilaka, N. and Trigeorgis, L.,** 1994. The General Flexibility to Switch: Real Options Revisited, *International Journal of Finance*, **6**, 2, 53-67.
- Kulatilaka, N.,** 1988. Valuing the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems, *IEEE Transactions in Engineering Management*, **35**, 4, 250-257.
- Kulatilaka, N.,** 1993. The Value of Flexibility; The Case of a Dual-Fuel Industrial Steam Boiler, *Financial Management*, **22**, 3, 271 -280.
- Kulatilaka, N., Balasubramanian, P. and Strock, J.,** 1999. Using Real Options to Frame the IT Investment Problem, In Trigeorgis L. (Eds) Real Options and Business Strategy: Applications to Decision-Making, Risk Books, London.
- Kumar, R.,** 1996. A Note on Project Risk and Option Values of Investments in Information Technology, *Journal of Management Information Systems*, **13**, 1, 187-193.
- Lee, J. and Paxson, D.,** 2001. Valuation of R&D Real American Sequential Exchange Options, *R&D Management*, **31**, 2, 191-201.
- Lint, O. and Pennings, E.,** 2001. An Option Approach to the New Product Development Process: A Case Study at Phillips Electronics, *R&D Management*, **31**, 2, 163-172.
- Longstaff, F.A. and Schwartz, E. S.,** 2001. Valuing American Options by Simulation: A Simple Least-Squares Approach, *Review of Financial Studies*, **14**, 1, 113-147.
- Luenberger, D.,** 1998. Investment Science, Oxford University Press, New York.
- Mabert, A. M., Soni, A. and Venkataramanan, M. A.,** 2001. Enterprise resource planning: common myths versus evolving reality, *Business Horizons*, Bloomington, 69-76.

- MacMillan, L.W.**, 1986. Analytic Approximation for the American Put Option,. *Advances in Futures and Options Research*, **1**, 119-139.
- Macvitte, L.**, 2001. Buckle Up: Implementing an ERP Takes Time and Patience, *Network Computing*, **12**, 6, 97-106.
- Majd, S. and Pindyck, R.**, 1987. Time to Build. Option Value. and Investment Decisions, *Journal of Financial Economics*, **18**, 1, 7-27.
- Margrabe, W.**, 1978. The Value of an Option to Exchange One Asset for Another, *Journal of Finance*, **33**, 177-186.
- Mauer, D. and Ott, S.**, 1995. Investment under Uncertainty: The Case of Replacement Investment Decisions, *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **30**, 4, 581-605.
- McDonald, R. and Siegel, D.**, 1985. Investment and the valuation of firms when there is an option to shut down, *International Economic Review*, **26**, 2, 331-349.
- McDonald, R. and Siegel, D.**, 1986. The Value of Waiting to Invest, *Quarterly Journal of Economics*, **101**, 4, 707-727.
- McGrath, R. and MacMillan, I.**, 2000. Assessing Technology Projects Using Real Options Reasoning, *Research Technology Management*, **43**, 4, 35-49.
- McGrath, R. and Nerkar, A.**, 2004. Real options reasoning and a new look at the investment strategies of pharmaceutical firms, *Strategic Management Journal*, **25**, 1, 1-21.
- McGrath, R.**, 1997. A Real Options Logic for Initiating Technology Positioning Investments, *Academy of Management Review*, **22**, 4, 974-996.
- McLaughlin, R. and Taggart, R.**, 1992. The Opportunity Cost of Using Excess Capacity, *Financial Management*, **21**, 2, 12-23.
- Miller, L. and Park, C.S.**, 2002. Decision Making Under Uncertainty: Real Options to the Rescue?, *The Engineering Economist*, **47**, 2, 105-150.

- Miller, L., Sung H. C. and Park, C.S.,** 2004. Using an options approach to evaluate Korean information technology infrastructure, *The Engineering Economist*, **49**, 199–219.
- Mun, J.,** 2002. Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions, John Wiley & Sons, New York.
- Mun, J.,** 2003. Real Options Analysis Course : Business cases and Software Applications, John Wiley & Sons, New York.
- Mun, J.,** 2006. Modeling Risk: Applying Monte Carlo Simulation, Real Options Analysis, Forecasting, and Optimization Techniques, John Wiley & Sons, New York.
- Myers, S.C. and Majd, S.,** 1990. Abandonment Value and Project Life, *Advances in Futures and Options Research*, **4**, 1, 1-21.
- Myers, S.C.,** 1977. Determinants of Corporate Borrowing, *Journal of Financial Economics*, **5**, 5, 147-175.
- Myers, S.C.,** 1987. Finance Theory and Financial Strategy, *Midland Corporate Finance Journal*, **5**, 1, 6-13.
- Nah, F.F.,** 2002. Enterprise Resource Planning Solutions and Management, IRM Press.
- Newton, D.P., Paxson, D.A. and Widdicks, M.,** 2004. Real R&D Options, *International Journal of Management Reviews*, **5**, 6, 113–130.
- O’Leary, D.,** 2000. Enterprise Resource Planning Systems: Systems, Life Cycle, Electronic Commerce, and Risk, Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Otto, R.,** 1998. Valuation of Internal Growth Opportunities: The Case of a Biotechnology Company, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, **38**, 615-633.

- Paddock, J., Siegel, D. and Smith, J.,** 1988. Option Valuation of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases, *Quarterly Journal of Economics*, **103**, 3, 479-508.
- Palanisvamy, R. and Frank, T.,** 2000. Enhancing Manufacturing Performance With ERP Systems, *Information Systems Management*, **17**, 3, 43-55.
- Panayi, S. and Trigeorgis, L.,** 1998. Multi-Stage Real Options: The- Cases of Information Technology Infrastructure and International Bank Expansion, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, **38**, 4, 675-692.
- Pickles, E., and Smith, J.,** 1993. Petroleum Properly Valuation: A Binomial Lattice Implementation of Option Pricing Theory, *Energy Journal*, **14**, 2, 1-26.
- Pindyck, R.,** 1988. Irreversible Investment, Capacity Choice and the Value of the Firm, *American Economic Review*, **78**, 5, 969-985.
- Poston, R. and Grabski, S.,** 2001. Financial impacts of enterprise resource planning implementations, *International Journal of Accounting Information Systems*, **2**, 4, 271–294.
- Rajagopal, R.,** 2002. An Innovation Diffusion View of Implementation of Enterprise Resource Planning ERP Systems and Development of a Research Models, *Information & Management*, **40**, 2, 87–114.
- Ransom, S. B., Joshi, M. and Nash, D.,** 2004. The Healthcare Quality Book : Vision, Strategy, and Tools, Health Administration Press, Chicago, Illinois.
- Rausser, G. and Small, A.,** 2000. Valuing Research Leads: Bioprospecting and the Conservation of Generic Resources, *Journal of Political Economy*, **108**, 1, 173-206.
- Ross, J.W. and Vitale, M.R.,** 2000. The ERP Revolution: Surviving vs. Thriving, *Information Systems Frontiers*, **2**, 2, 233-241.

- Ross, S.**, 1997. Introduction to Probability Models, Academic Pres, San Diego.
- Sachdeva, K. and Vandenberg, P.**, 1993. Valuing the Abandonment Option in Capital Budgeting; An Option Pricing Approach, *Financial Practice and Education*, **3**, 2, 57-65.
- SAP Türkiye**, 2007. SAP dünyada ve Türkiye’de. [Çevrimiçi] Elektronik Adres: <http://www.sap.com/turkey/company/index.epx>, [31.10.2007]
- Sheldon, D. H.**, 2005. Class A ERP implementation: Integrating Lean and Six Sigma, J. Ross Publishing, Inc.
- Siriginidi, S.R.**, 2000. Enterprise Resource Planning In Reengineering Business, *Business Process Management Journal*, **6**, 5, 376–391.
- Smit, H.T.J. and Trigeorgis, L.**, 2004. Strategic investment, Princeton University Press, New Jersey.
- Smit, H.T.J.**, 1997. Investment Analysis of Offshore Concessions in The Netherlands, *Financial Management*, **26**, 2, 5-17.
- Stowe, J. and Su, T.**, 1997. A Contingent-Claims Approach to the Inventory-Stocking Decision, *Financial Management*, **26**, 4, 42-55.
- Tan, J.**, 2005. E-health care information systems: an introduction for students and professionals, Jossey-Bass, San Francisco.
- Taudes, A.**, 1998. Software Growth Options, *Journal of Management Information Systems*, **15**, 1, 165-185.
- Taudes, A., Feurstein M. and Mild, A.**, 2000. Options Analysis of Software Platform Decisions, *MIS Quarterly*, **24**, 2, 227-243.
- Titman, S.**, 1985. Urban Land Prices Under Uncertainty, *American Economic Review*, **75**, 3, 505-514.
- Trigeorgis, L. and Mason, S. P.**, 1987. Valuing managerial flexibility, *Midland Corporate Finance Journal*, **5**, 1, 14-21.

- Trigeorgis, L.**, 1988. A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting, *Advances in Futures and Options Research*, **3**, 145-167.
- Trigeorgis, L.**, 1993. The Nature of Option Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **28**, 1, 1-20.
- Trigeorgis, L.**, 1996. Real Options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation, MIT Press, London.
- Umble, E.J., Haft, R.R. and Umble, M.M.**, 2003. Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors, *European Journal of Operational Research*, **146**, 2, 241-257.
- Wei, C-C. and Wang, M-J. J.**, 2004. A comprehensive framework for selecting an ERP system. *International Journal of Project Management*, **22**, 2, 161-169.
- Wilmott, P.**, 1998. Derivatives: The Theory and Practice of Financial Engineering, Wiley, Chichester.

EK A

Bu bölümde, Hastane Bilgi Sistemi uygulamasının geleneksel NŞD ve reel opsiyon yöntemleriyle değerlemesinde kullanılan ana veri ve parametreleri verilecektir.

Tablo A.1: Yıllara Göre Tahmini Hasta Sayıları

Yıl	Takvim Yılı	Artış (%)	Hasta Sayısı
0	2006		60.000
1	2007	10	66.000
2	2008	12	73.920
3	2009	14	84.269
4	2010	14	96.067
5	2011	12	107.595
6	2012	10	118.355

Tablo A.2 : Hasta Başına Karda Beklenen İyileşmeler

Yıl	Çeyrek	Beklenen İyileşmeler (%)
1	1	0
1	2	0
1	3	5
1	4	10
2	5	15
2	6	20
2	7	25
2	8	25
3	9	25
3	10	25
3	11	25
3	12	25
4	13	25
4	14	25
4	15	25
4	16	25

Tablo A.3 : Tek Seferlik Maliyetler Tablosu

Ana Kalem	Alt Kalem	
Donanım Maliyetleri	Sunucu	\$250.000
	PC	\$50.000
	Ara Toplam	\$300.000
Yazılım Lisansları	SAP My HBS 2005	\$500.000
	IS/H Healthcare Solutions	\$250.000
	Ara Toplam	\$750.000
Danışmanlık Hizmetleri	Proje İmplementasyonu	\$300.000
	Son kullanıcı Eğitimleri	\$200.000
	Ara Toplam	\$500.000
	Genel Toplam	\$1.550.000

Tablo A.4 : İlk Yatırım Maliyetinin Yüzdesi Olarak Yıllık Bakım Maliyetleri

Yıl	Donanım Bakım Maliyetleri	Yıllık Lisans Ücreti	Ek Danışmanlık Hizmetleri
1	%5	%10	%10
2	%5	%10	%8
3	%5	%10	%6
4	%5	%10	%4

Tablo A.5: Yıllık Bakım Maliyetleri

Yıl	Donanım Bakım Maliyetleri	Yıllık Lisans Ücreti	Ek Danışmanlık Hizmetleri
1	\$15.000	\$75.000	\$50.000
2	\$15.000	\$75.000	\$40.000
3	\$15.000	\$75.000	\$30.000
4	\$15.000	\$75.000	\$20.000
	İskontolanmış Toplam		\$405.196

EK B

Bu bölümde, Hastane Bilgi Sistemi uygulamasının reel opsiyon yöntemiyle değerlendirilmesinde kullanılan senaryolara ait değişken ve parametreler verilecektir.

Tablo B.1 : Hasta Sayısı Matrisi

Dönem	Hasta Sayısı	Dönem	Hasta Sayısı	Dönem	Hasta Sayısı
1	5.500	25	7.022	49	8.966
2	5.500	26	7.022	50	8.966
3	5.500	27	7.022	51	8.966
4	5.500	28	7.022	52	8.966
5	5.500	29	7.022	53	8.966
6	5.500	30	7.022	54	8.966
7	5.500	31	7.022	55	8.966
8	5.500	32	7.022	56	8.966
9	5.500	33	7.022	57	8.966
10	5.500	34	7.022	58	8.966
11	5.500	35	7.022	59	8.966
12	5.500	36	7.022	60	8.966
13	6.160	37	8.006	61	9.863
14	6.160	38	8.006	62	9.863
15	6.160	39	8.006	63	9.863
16	6.160	40	8.006	64	9.863
17	6.160	41	8.006	65	9.863
18	6.160	42	8.006	66	9.863
19	6.160	43	8.006	67	9.863
20	6.160	44	8.006	68	9.863
21	6.160	45	8.006	69	9.863
22	6.160	46	8.006	70	9.863
23	6.160	47	8.006	71	9.863
24	6.160	48	8.006	72	9.863

Tablo B.2 : Hasta Başına Ortalama Kardaki İyileşme Matrisi

Dönem	İyileşme Yüzdesi (%)	Dönem	İyileşme Yüzdesi (%)
1	0	37	25
2	0	38	25
3	0	39	25
4	0	40	25
5	0	41	25
6	0	42	25
7	5	43	25
8	5	44	25
9	5	45	25
10	10	46	25
11	10	47	25
12	10	48	25
13	15		
14	15		
15	15		
16	20		
17	20		
18	20		
19	25		
20	25		
21	25		
22	25		
23	25		
24	25		
25	25		
26	25		
27	25		
28	25		
29	25		
30	25		
31	25		
32	25		
33	25		
34	25		
35	25		
36	25		

Tablo B.3 : HBS Projesi Yıllık Giderleri

Dönem	Giderler	Dönem	Giderler
1	0	37	0
2	0	38	0
3	0	39	0
4	0	40	0
5	0	41	0
6	0	42	0
7	0	43	0
8	0	44	0
9	0	45	0
10	0	46	0
11	0	47	0
12	\$140.000	48	\$110.000
13	0		
14	0		
15	0		
16	0		
17	0		
18	0		
19	0		
20	0		
21	0		
22	0		
23	0		
24	\$130.000		
25	0		
26	0		
27	0		
28	0		
29	0		
30	0		
31	0		
32	0		
33	0		
34	0		
35	0		
36	\$120.000		

Tablo B.4 : HBS Projesi İçin Genişleme Opsiyonunun Mevcut Olduğu Dönemler

Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	
	1	0	37	0
	2	0	38	0
	3	0	39	0
	4	0	40	0
	5	0	41	0
	6	1	42	1
	7	0	43	0
	8	0	44	0
	9	0	45	0
	10	0	46	0
	11	0	47	0
	12	1	48	0
	13	0		
	14	0		
	15	0		
	16	0		
	17	0		
	18	1		
	19	0		
	20	0		
	21	0		
	22	0		
	23	0		
	24	1		
	25	0		
	26	0		
	27	0		
	28	0		
	29	0		
	30	1		
	31	0		
	32	0		
	33	0		
	34	0		
	35	0		
	36	1		

Tablo B.5 : HBS Projesi İçin Genişleme Opsiyonunun Mevcut Olduğu Dönemler

Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	
	1	0	37	0
	2	0	38	0
	3	0	39	0
	4	0	40	0
	5	0	41	0
	6	0	42	0
	7	0	43	0
	8	0	44	0
	9	0	45	0
	10	0	46	0
	11	0	47	0
	12	1	48	0
	13	0		
	14	0		
	15	0		
	16	0		
	17	0		
	18	0		
	19	0		
	20	0		
	21	0		
	22	0		
	23	0		
	24	1		
	25	0		
	26	0		
	27	0		
	28	0		
	29	0		
	30	0		
	31	0		
	32	0		
	33	0		
	34	0		
	35	0		
	36	1		

Tablo B.6 : HBS Projesi İçin Genişleme Opsiyonunun Mevcut Olduğu Dönemler

Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	
	1	0	37	1
	2	0	38	1
	3	0	39	1
	4	0	40	1
	5	0	41	1
	6	0	42	1
	7	0	43	1
	8	0	44	1
	9	0	45	1
	10	0	46	1
	11	0	47	1
	12	1	48	0
	13	1		
	14	1		
	15	1		
	16	1		
	17	1		
	18	1		
	19	1		
	20	1		
	21	1		
	22	1		
	23	1		
	24	1		
	25	1		
	26	1		
	27	1		
	28	1		
	29	1		
	30	1		
	31	1		
	32	1		
	33	1		
	34	1		
	35	1		
	36	1		

Tablo B.7 : HBS Projesi İçin Genişleme Opsiyonunun Mevcut Olduğu Dönemler

Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	
	1	0	37	0
	2	0	38	0
	3	0	39	0
	4	0	40	0
	5	0	41	0
	6	0	42	0
	7	0	43	0
	8	0	44	0
	9	0	45	0
	10	0	46	0
	11	0	47	0
	12	1	48	0
	13	0		
	14	0		
	15	0		
	16	0		
	17	0		
	18	0		
	19	0		
	20	0		
	21	0		
	22	0		
	23	0		
	24	0		
	25	0		
	26	0		
	27	0		
	28	0		
	29	0		
	30	0		
	31	0		
	32	0		
	33	0		
	34	0		
	35	0		
	36	0		

Tablo B.8 : HBS Projesi İçin Genişleme Opsiyonunun Mevcut Olduğu Dönemler

Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	
	1	0	37	0
	2	0	38	0
	3	0	39	0
	4	0	40	0
	5	0	41	0
	6	0	42	0
	7	0	43	0
	8	0	44	0
	9	0	45	0
	10	0	46	0
	11	0	47	0
	12	0	48	0
	13	0		
	14	0		
	15	0		
	16	0		
	17	0		
	18	0		
	19	0		
	20	0		
	21	0		
	22	0		
	23	0		
	24	1		
	25	0		
	26	0		
	27	0		
	28	0		
	29	0		
	30	0		
	31	0		
	32	0		
	33	0		
	34	0		
	35	0		
	36	0		

Tablo B.9 : HBS Projesi İçin Genişleme Opsiyonunun Mevcut Olduğu Dönemler

Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	Dönem	Genişleme Opsiyonu Mevcut	
	1	0	37	0
	2	0	38	0
	3	0	39	0
	4	0	40	0
	5	0	41	0
	6	0	42	0
	7	0	43	0
	8	0	44	0
	9	0	45	0
	10	0	46	0
	11	0	47	0
	12	0	48	0
	13	0		
	14	0		
	15	0		
	16	0		
	17	0		
	18	0		
	19	0		
	20	0		
	21	0		
	22	0		
	23	0		
	24	0		
	25	0		
	26	0		
	27	0		
	28	0		
	29	0		
	30	0		
	31	0		
	32	0		
	33	0		
	34	0		
	35	0		
	36	1		

EK C

Bu bölümde, Hastane Bilgi Sistemi uygulamasının reel opsiyon yöntemiyle değerlendirilmesi için oluşturulan senaryoların sonuçları verilecektir.

Tablo C.1 : T_D Parametresinin HBS Projesi GNŞD'ne Etkisi

T_D	0,5	1	1,5	2
GNŞD(Erteleme)	248.507,2	373.755,3	516.443,2	630.202
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	406.458,3	566.827,8	748.446,3	894.550,2

Tablo C.2 : σ Parametresinin HBS Projesi GNŞD'ne Etkisi

σ	%5	%10	%11	%15	%20	%25	%30
GNŞD(Erteleme)	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
GNŞD(Genişleme)	213.891,2	214.115,5	214.309,5	216.464,3	221.626	226.101,9	228.277
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	892.744,2	893.704,8	894.550,2	905.542,5	929.502,6	952.754,9	958.318,5

Tablo C.3 : r_f Parametresinin HBS Projesi GNŞD'ne Etkisi

r_f	%3	%4	%5	%6
GNŞD(Erteleme)	560.767	595.642	630.202	664.371,9
GNŞD(Genişleme)	204.948,8	209.640,7	214.309,5	218.951,6
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	797.740,6	846.524,9	894.550,2	941.745,7

Tablo C.4 : δ Parametresinin HBS Projesi GNŞD'ne Etkisi

δ	%2	%3	%4	%5
GNŞD(Erteleme)	857.681,8	740.704	630.202	525.860,1
GNŞD(Genişleme)	355.821,6	284.006,8	214.309,5	146.690,5
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	1.190.751	1.038.918	894.550,2	758.651,7

Tablo C.5 : T_D ve σ Parametrelerinin HBS Projesi GNŞD’ne Etkisi

	σ	T_D			
		0,5	1	1,5	2
GNŞD(Erteleme)	%5	244.504,9	368.955,8	512.920,5	627.092,1
	%10	246.042,8	371.333	514.564,4	628.608,2
	%11	248.507,2	373.755,3	516.443,2	630.202
	%15	258.702,1	384.485,7	528.386,5	641.785,3
	%20	271.200	409.835,7	549.071,8	665.768,1
	%25	293.813,4	430.151	574.738,6	683.487,3
	%30	309.961,7	441.640,8	588.357,4	697.045,7
GNŞD(Genişleme)	%5	213.891,2	213.891,2	213.891,2	213.891,2
	%10	214.115,5	214.115,5	214.115,5	214.115,5
	%11	214.309,5	214.309,5	214.309,5	214.309,5
	%15	216.464,3	216.464,3	216.464,3	216.464,3
	%20	221.626	221.626	221.626	221.626
	%25	226.101,9	226.101,9	226.101,9	226.101,9
	%30	228.277	228.277	228.277	228.277
GNŞD(Erteleme ve Genişleme)	%5	404.895	564.423,3	746.405	892.744,2
	%10	405.707,3	565.746,7	747.432,9	893.704,8
	%11	406.458,3	566.827,8	748.446,3	894.550,2
	%15	414.293,3	578.095,9	758.656	905.542,5
	%20	433.133,1	600.741,9	783.994,4	929.502,6
	%25	450.406,9	628.879,8	805.381,2	952.754,9
	%30	461.871,8	646.456,9	824.378	958.318,5

Tablo C.6 : T_D ve r_f Parametrelerinin HBS Projesi GNŞD’ne Etkisi

	r_f	T_D			
		0,5	1	1,5	2
GNŞD(Erteleme)	%3	230.548,9	338.559,7	463.661,6	560.767,1
	%4	239.518,3	356.146,7	490.110,9	595.642
	%5	248.507,2	373.755,3	516.443,2	630.202
	%6	257.510,4	391.359,9	542.611	664.371,9
GNŞD(Genişleme)	%3	204.948,9	204.948,9	204.948,9	204.948,9
	%4	209.640,7	209.640,7	209.640,7	209.640,7
	%5	214.309,5	214.309,5	214.309,5	214.309,5
	%6	218.951,6	218.951,6	218.951,6	218.951,6
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	%3	374.024,5	512.485,1	672.434,6	797.740,6
	%4	390.274,3	539.737,6	710.646,2	846.524,9
	%5	406.458,3	566.827,8	748.446,3	894.550,2
	%6	422.564,3	593.721,4	785.782	941.745,7

Tablo C.7 : T_d ve δ Parametrelerinin HBS Projesi GNŞD’ne Etkisi

	δ	T_d			
		0,5	1	1,5	2
GNŞD(Erteleme)	%2	382.782,8	535.949	712.121,8	857.681,8
	%3	313.399,8	452.167,6	611.422,9	740.704
	%4	248.507,2	373.755,3	516.443,2	630.202
	%5	189.144	300.047,8	426.855,8	525.860,1
GNŞD(Genişleme)	%2	355.821,6	355.821,6	355.821,6	355.821,6
	%3	284.006,8	284.006,8	284.006,8	284.006,8
	%4	214.309,5	214.309,5	214.309,5	214.309,5
	%5	146.690,5	146.690,5	146.690,5	146.690,5
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	%2	583.564,3	779.922,7	1.003.676	1.190.751
	%3	493.177,1	671.022,4	873.047,7	1.038.918
	%4	406.458,3	566.827,8	748.446,3	894.550,2
	%5	322.981,4	468.117,5	630.401,3	758.651,7

Tablo C.8 : σ ve r_f Parametrelerinin HBS Projesi GNŞD’ne Etkisi

	r_f	σ						
		%5	%10	%11	%15	%20	%25	%30
GNŞD(Erteleme)	%3	554.773,2	558.044,3	560.767,1	577.463,9	609.772,6	637.476,7	663.264,3
	%4	591.294	593.540,2	595.642	609.660,3	637.856,3	660.726,7	680.510,6
	%5	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
	%6	662.181,5	663.186,4	664.371,9	673.739,6	693.374,3	705.623,8	712.761,8
GNŞD(Genişleme)	%3	204.283,1	204.657,5	204.948,9	207.697,8	213.807,9	220.305,7	225.600,2
	%4	209.111,2	209.402	209.640,7	212.080,7	217.720,8	223.229,5	226.996
	%5	213.891,2	214.115,5	214.309,5	216.464,3	221.626	226.101,9	228.277
	%6	218.623,6	218.795,3	218.951,6	220.843,8	225.510,7	228.896,1	229.408,5
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	%3	793.812,8	796.173	797.740,6	815.155,3	850.019,7	887.456,4	908.839,3
	%4	843.839,6	845.361,4	846.524,9	860.503,3	889.933,8	920.452,6	934.064,4
	%5	892.744,2	893.704,8	894.550,2	905.542,5	929.502,6	952.754,9	958.318,5
	%6	940.552,6	941.145,3	941.745,7	950.134,6	968.538,2	984.172,2	981.454,1

Tablo C.9 : r_f ve δ Parametrelerinin HBS Projesi GNŞD'ne Etkisi

	δ	r_f			
		%3	%4	%5	%6
GNŞD(Erteleme)	%2	786.036,3	822.164,1	857.681,8	892.567,8
	%3	669.791,8	705.498,7	740.704	775.365,2
	%4	560.767,1	595.642	630.202	664.371,9
	%5	458.483,5	492.211,8	525.860,1	559.316,9
GNŞD(Genişleme)	%2	346.280,1	351.071,2	355.821,6	360.530,3
	%3	274.542,1	279.291	284.006,8	288.687,6
	%4	204.948,9	209.640,7	214.309,5	218.951,6
	%5	137.468,6	142.085	146.690,5	151.280,1
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	%2	1.092.344	1.142.057	119.0751	1.238.412
	%3	941.138,3	990.483,5	1.038.918	1.086.405
	%4	797.740,6	846.524,9	894.550,2	941.745,7
	%5	664.348,2	711.707,8	758.651,7	805.042,3

Tablo C.10 : σ ve δ Parametrelerinin HBS Projesi GNŞD’ne Etkisi

	δ	σ						
		%5	%10	%11	%15	%20	%25	%30
GNŞD(Erteleme)	%2	857.141,2	857.358,7	857.681,8	861.804,8	870.394,2	874.567	862.805,3
	%3	739.384,4	740.006,2	740.704	748.492,2	764.894,4	775.968	777.681,3
	%4	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
	%5	520.004,5	523.826,2	525.860,1	542.074,6	573.031,8	601.349,1	620.929,3
GNŞD(Genişleme)	%2	355.713,7	355.744,8	355.821,6	356.882,2	359.785,1	361.463,6	357.536,8
	%3	283.772,1	283.852,5	284.006,8	285.573,1	289.601	292.765,4	291.983,2
	%4	213.891,2	214.115,5	214.309,5	216.464,3	221.626	226.101,9	228.277
	%5	146.007,6	146.448	146.690,5	149.512,4	155.947,2	161.851,6	166.414,2
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	%2	1.190.448	1.190.557	1.190.751	1.194.108	1.201.481	1.202.013	1.186.405
	%3	1.038.054	1.038.330	1.038.918	1.044.835	1.060.068	1.073.961	1.068.927
	%4	892.744,2	893.704,8	894.550,2	905.542,5	929.502,6	952.754,9	958.318,5
	%5	754.180,3	756.360,2	758.651,7	775.048,6	808.369,8	838.464,4	858.881,6

Tablo C.11 : r_f ve $Genişleme(\cdot)$ Parametrelerinin HBS Projesi GNŞD’ne Etkisi

	$Genişleme(\cdot)$	r_f			
		%3	%4	%5	%6
GNŞD(Erteleme)	1. Yıl	560.767	595.642	630.202	664.371,9
	2. Yıl	560.767	595.642	630.202	664.371,9
	3. Yıl	560.767	595.642	630.202	664.371,9
	Her 12 Ay	560.767	595.642	630.202	664.371,9
	Her 6 Ay	560.767	595.642	630.202	664.371,9
	Her Ay	560.767	595.642	630.202	664.371,9
GNŞD(Genişleme)	1. Yıl	204.937,7	209.630,2	214.299,8	218.942,8
	2. Yıl	111.914,3	115.264,8	118.982,7	123.065
	3. Yıl	93.942,8	93.947	93.954,1	93.965,6
	Her 12 Ay	204.938,4	209.631	214.300,6	218.943,6
	Her 6 Ay	204.948,8	209.640,7	214.309,5	218.951,6
	Her Ay	205.060,6	209.756,9	214.425,3	219.063,3
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	1. Yıl	797.739,6	846.524,1	894.549,5	941.743,9
	2. Yıl	648.737,5	696.711,1	744.751,2	792.609,9
	3. Yıl	561.933,4	597.507,7	633.089,2	668.700,3
	Her 12 Ay	797.739,6	846.524,1	894.549,5	941.744
	Her 6 Ay	797.740,6	846.524,9	894.550,2	941.745,7
	Her Ay	797.795,5	846.564,5	894.577,9	941.763,4

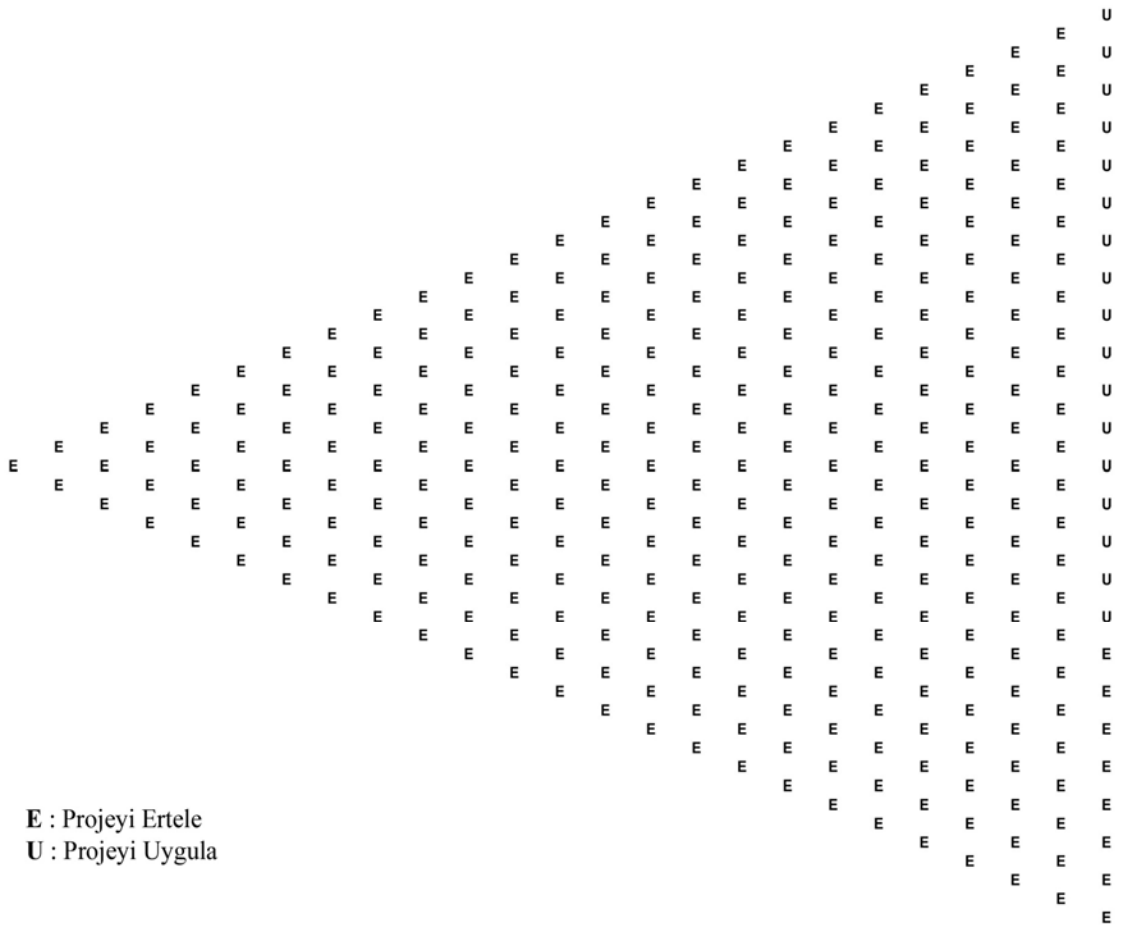
Tablo C.12 : σ ve $Genişleme(\cdot)$ Parametrelerinin HBS Projesi GNŞD’ne Etkisi

	$Genişleme(\cdot)$	σ						
		%5	%10	%11	%15	%20	%25	%30
GNŞD(Erteleme)	1. Yıl	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
	2. Yıl	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
	3. Yıl	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
	Her 12 Ay	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
	Her 6 Ay	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
	Her Ay	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
GNŞD(Genişleme)	1. Yıl	213.891,2	214.097,3	214.299,8	216.296,5	220.347	224.780,8	224.095,9
	2. Yıl	103.660,9	116.425,1	118.982,7	129.115,1	141.302,2	151.088,7	155.511,5
	3. Yıl	93.937,28	93.941,65	93.954,15	94.261,03	95.735,2	96.824,71	94.802,53
	Her 12 Ay	213.891,2	214.098	214.300,6	216.330,8	220.879,2	225.477,5	224.959,9
	Her 6 Ay	213.891,2	214.115,5	214.309,5	216.464,3	221.626	226.101,9	228.277
	Her Ay	213.891,2	214.140,2	214.425,3	216.895,1	222.306,3	228.274,6	230.089
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	1. Yıl	892.744,2	893.702,8	894.549,5	905.533,1	929.241,6	951.953,1	957.835,7
	2. Yıl	734.601,6	741.323,8	744.751,2	765.558,6	801.148,2	829.342,7	845.325,1
	3. Yıl	627.100,3	630.508,5	633.089,2	650.368,5	683.145,7	708.538,8	728.128,3
	Her 12 Ay	892.744,2	893.702,8	894.549,5	905.535	929.342,2	952.062,5	958.129,9
	Her 6 Ay	892.744,2	893.704,8	894.550,2	905.542,5	929.502,6	952.754,9	958.318,5
	Her Ay	892.744,2	893.708,1	894.577,9	905.666,3	929.639,7	953.127,3	958.986

Tablo C.13 : σ ve (π_L / π_H) Parametrelerinin HBS Projesi GNŞD'ne Etkisi

		σ						
	Alt / Üst Sınır	%5	%10	%11	%15	%20	%25	%30
GNŞD(Erteleme)	(- / -)	627.092,1	628.608,4	630.203,7	642.036,1	670.063,9	703.744,3	749.682,9
	(9 / 144)	627.092,1	628.608,4	630.203,7	642.026,8	669.448	698.276,5	729.500
	(12 / 108)	627.092,1	628.608,2	630.202	641.785,3	665.768,1	683.487,3	697.045,7
GNŞD(Genişleme)	(- / -)	213.891,2	214.115,5	214.309,5	216.470,5	221.986,7	229.089,4	239.202,9
	(9 / 144)	213.891,2	214.115,5	214.309,5	216.470,5	221.966,5	228.633,3	236.446,3
	(12 / 108)	213.891,2	214.115,5	214.309,5	216.464,3	221.626	226.101,9	228.277
GNŞD(Erteleme + Genişleme)	(- / -)	892.744,2	893.705,1	894.552,5	905.869,2	935.107,2	978.703,6	1.026.940
	(9 / 144)	892.744,2	893.705,1	894.552,5	905.857,1	934.305,3	971.647,5	1.000.661
	(12 / 108)	892.744,2	893.704,8	894.550,2	905.542,5	929.502,6	952.754,9	958.318,5

Şekil C.1 : π Değeri İçin Binom Ağacının 48 Dönemlik İşleyişi



Şekil C.3: Erteleme Esnekliğine Sahip HBS Projesi İçin Yol Haritası

176

EK D

```
Public Function BinomTree(V As Double, _  
    N As Integer, _  
    LowerBound As Double, _  
    UpperBound As Double, _  
    u As Double) As Double()  
  
    Dim Tree() As Double  
    Dim i As Integer  
    Dim j As Integer  
    Dim Node As Double  
  
    ReDim Tree(N + 1, N + 1)  
  
    If LowerBound = 0 And UpperBound = 0 Then  
        For j = N To 0 Step -1  
            For i = 0 To j  
                Tree(i, j) = V * (u ^ (2 * i - j))  
            Next  
        Next  
    Else  
        For j = N To 0 Step -1  
            For i = 0 To j  
                Node = V * (u ^ (2 * i - j))  
                If Node <= UpperBound And Node >= LowerBound Then  
                    Tree(i, j) = Node  
                ElseIf Node > UpperBound Then  
                    Tree(i, j) = UpperBound  
                Else  
                    Tree(i, j) = LowerBound  
                End If  
            Next  
        Next  
    End If  
  
    BinomTree = Tree  
End Function
```

```

Public Function Expand(ProfitTree() As Double, _
    Np As Integer, _
    Rf As Double, _
    Investment As Double, _
    PatientNumber() As Double, _
    RunningCost() As Double, _
    Improvement() As Double, _
    X As Double, _
    Ie As Double, _
    ExpandOK() As Byte, _
    p As Double, _
    dF As Double) As Double

```

```

    Dim i As Integer
    Dim j As Integer
    Dim Value() As Double
    Dim ValueEx() As Double

```

```

    Dim temp As Double
    Dim q As Double

```

```

    ReDim Value(Np + 1)
    ReDim ValueEx(Np + 1)

```

```

    q = 1 - p

```

```

    If DISCOUNTIEXPAND Then

```

```

        'j = N last stage
        For i = 0 To Np
            ' If expand option is available
            If ExpandOK(Np) = 1 Then
                temp = ProfitTree(i, Np) * Improvement(Np) * PatientNumber(Np) - RunningCost(Np)

```

```

                ValueEx(i) = WorksheetFunction.Max(temp, _
                    temp * (1 + X) - Ie * Exp(Rf * Np * deltaT))

```

```

                Value(i) = temp

```

```

            Else
                temp = ProfitTree(i, Np) * Improvement(Np) * PatientNumber(Np) - RunningCost(Np)

```

```

                ValueEx(i) = temp

```

```

                Value(i) = temp

```

```

            End If

```

```

        Next

```

```

        ' any stage

```

```

        For j = Np - 1 To 0 Step -1:

```

```

            For i = 0 To j

```

```

                If ExpandOK(j) = 1 Then

```

```

                    ValueEx(i) = WorksheetFunction.Max(ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j)
- RunningCost(j) + (p * ValueEx(i + 1) + q * ValueEx(i)) * dF, _
                    (ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j)
- RunningCost(j) + (p * Value(i + 1) + q * Value(i)) * dF) * (1 + X) - Ie * Exp(Rf * j * deltaT))

```

```

                    Value(i) = ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j) - RunningCost(j)

```

```

+ (p * Value(i + 1) + q * Value(i)) * dF

Else

    ValueEx(i) = ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j) - RunningCost(j)
+ (p * ValueEx(i + 1) + q * ValueEx(i)) * dF

    Value(i) = ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j) - RunningCost(j)
+ (p * Value(i + 1) + q * Value(i)) * dF

End If
Next
Next

Else

'j = N last stage
For i = 0 To Np
    ' If expand option is available
    If ExpandOK(Np) = 1 Then

        temp = ProfitTree(i, Np) * Improvement(Np) * PatientNumber(Np) - RunningCost(Np)

        ValueEx(i) = WorksheetFunction.Max(temp, _
                                            temp * (1 + X) - Ie * Exp(Rf * Np * deltaT))

        Value(i) = temp

    Else

        temp = ProfitTree(i, Np) * Improvement(Np) * PatientNumber(Np) - RunningCost(Np)

        ValueEx(i) = temp

        Value(i) = temp

    End If
Next
' any stage
For j = Np - 1 To 0 Step -1:
    For i = 0 To j
        If ExpandOK(j) = 1 Then

            ValueEx(i) = WorksheetFunction.Max(ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j)
- RunningCost(j) + (p * ValueEx(i + 1) + q * ValueEx(i)) * dF, _
        (ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j)
- RunningCost(j) + (p * Value(i + 1) + q * Value(i)) * dF) * (1 + X) - Ie)

            Value(i) = ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j) - RunningCost(j)
+ (p * Value(i + 1) + q * Value(i)) * dF

        Else

            ValueEx(i) = ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j) - RunningCost(j)
+ (p * ValueEx(i + 1) + q * ValueEx(i)) * dF

            Value(i) = ProfitTree(i, j) * Improvement(j) * PatientNumber(j) - RunningCost(j)
+ (p * Value(i + 1) + q * Value(i)) * dF

        End If
    End For
End For

```

```

        Next
    Next
End If

temp = ValueEx(0) - Investment
Erase Value
Erase ValueEx

Expand = temp
End Function

Public Function Defer_Expand(ProfitTree() As Double, _
    N As Integer, _
    Np As Integer, _
    Rf As Double, _
    Investment As Double, _
    PatientNumber() As Double, _
    RunningCost() As Double, _
    Improvement() As Double, _
    X As Double, _
    Ie As Double, _
    ExpandOK() As Byte, _
    p As Double, _
    dF As Double) As Double
    Dim i As Integer
    Dim j As Integer
    Dim Value() As Double
    Dim temp As Double
    Dim q As Double

    ReDim Value(N + 1)

    q = 1 - p
    ,
    'j = N last stage
    ,
    For i = 0 To N
        Value(i) = WorksheetFunction.Max(0, _
            DETreeValue(ProfitTree, Rf, Investment, Np, PatientNumber, RunningCost,
Improvement, Ie, X, ExpandOK, i, N, p, dF))
    Next
    ,
    'any stage
    ,
    For j = N - 1 To 0 Step -1:
        For i = 0 To j
            Value(i) = WorksheetFunction.Max((p * Value(i + 1) + q * Value(i)) * dF, _
                DETreeValue(ProfitTree, Rf, Investment, Np, PatientNumber,
RunningCost, Improvement, Ie, X, ExpandOK, i, j, p, dF))
        Next
    Next

    temp = Value(0)
    Erase Value

    Defer_Expand = temp
End Function

```

```

Public Function Defer(ProfitTree() As Double, _
    N As Integer, _
    Np As Integer, _
    Rf As Double, _
    Investment As Double, _
    PatientNumber() As Double, _
    RunningCost() As Double, _
    Improvement() As Double, _
    p As Double, _
    dF As Double) As Double

    Dim i As Integer
    Dim j As Integer
    Dim Value() As Double
    Dim temp As Double
    Dim q As Double

    ReDim Value(N + 1)

    q = 1 - p

    '
    'j = N last stage
    For i = 0 To N
        Value(i) = WorksheetFunction.Max(0, _
            DTreeValue(ProfitTree, Rf, Investment, Np, PatientNumber,
RunningCost, Improvement, i, N, p, dF))
    Next
    '
    'any stage
    For j = N - 1 To 0 Step -1:
        For i = 0 To j
            Value(i) = WorksheetFunction.Max((p * Value(i + 1) + q * Value(i)) * dF, _
                DTreeValue(ProfitTree, Rf, Investment, Np, PatientNumber,
RunningCost, Improvement, i, j, p, dF))
        Next
    Next
    temp = Value(0)
    Erase Value

    Defer = temp
End Function

```

ÖZGEÇMİŞ

Cumhur Okan Özoğul, 9 Ekim 1976'da İstanbul'da doğmuştur. Orta ve lise öğrenimini, Saint-Benoit Fransız Lisesi'nde tamamlamıştır.

1998 yılında Galatasaray Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur.

2000 yılında, İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Kontrol ve Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Programını ve yine 2000 yılında Galatasaray Üniversitesi'nde Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Programını tamamlamıştır. 1999-2002 yılları arasında Galatasaray Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır.

Halihazırda, Havelsan A.Ş. bünyesinde, Kurumsal Kaynak Planlama sistemi uygulama ve geliştirilmesinde kıdemli mühendis olarak görev yapmaktadır.